

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JULIO DE MESQUITA FILHO” FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
E VETERINÁRIAS CÂMPUS DE JABOTICABAL

NÍVEIS PROTEICOS E PROPORÇÕES DE PROTEÍNA DE ORIGEM
ANIMAL EM DIETAS EXTRUSADAS PARA JUVENIS DE PACU
(*Piaractus mesopotamicus*)

Magdiel Santos Oliveira
Zootecnista

Jaboticabal, São Paulo - Brasil

2021

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JULIO DE MESQUITA FILHO” FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
E VETERINÁRIAS CÂMPUS DE JABOTICABAL

NÍVEIS PROTEICOS E PROPORÇÕES DE PROTEÍNA DE ORIGEM
ANIMAL EM DIETAS EXTRUSADAS PARA JUVENIS DE PACU
(*Piaractus mesopotamicus*)

Magdiel Santos Oliveira

Orientador: Dr. Dalton José Carneiro

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Zootecnia

Jaboticabal, São Paulo - Brasil

2021

O48n	Oliveira, Magdiel Santos Níveis proteicos e proporções de proteína de origem animal em dietas extrusadas para juvenis de pacu (<i>Piaractus mesopotamicus</i>) / Magdiel Santos Oliveira. -- Jaboticabal, 2021 79 f. : il., tabs., fotos Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal Orientador: Dalton José Carneiro 1. Desempenho. 2. Digestibilidade. 3. Metabolismo. 4. Nutrição. I. Título.
------	---

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: NÍVEIS PROTEICOS E PROPORÇÕES DE PROTEÍNA DE ORIGEM ANIMAL
EM DIETAS EXTRUSADAS PARA JUVENIS DE PACU (*Piaractus
mesopotamicus*)

AUTOR: MAGDIEL SANTOS OLIVEIRA

ORIENTADOR: DALTON JOSÉ CARNEIRO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em ZOOTECNIA, pela
Comissão Examinadora:



Prof. Dr. DALTON JOSÉ CARNEIRO (Participação Virtual)
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal



P Pesquisador Dr. EDUARDO GIANINI ABIMORAD (Participação Virtual)
Instituto de Pesca-Centro do Pescado Continental / São José do Rio Preto/SP



P Profa. Dra. ELISABETH CRISCUOLO URBINATI (Participação Virtual)
Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 29 de julho de 2021

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

MAGDIEL SANTOS OLIVEIRA – nasceu em Petrolina – PE, no dia 17 de junho de 1994. Em março de 2014, ingressou no curso de Zootecnia do Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos – UNIFEB, Barretos - SP, realizando cursos e estágios. Desenvolveu sua Iniciação Científica com bolsa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), com o projeto “Toxicidade Aguda do Inseticida Organofosforado Triclorfon para o Platy (*Xiphophorus maculatus*) utilizado como bioindicador”. Em julho de 2018, saiu para estágio supervisionado com orientação do Professor Doutor Claudinei da Cruz e supervisão do Professor Doutor Dalton José Carneiro, no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos do Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP), Jaboticabal – SP. Em dezembro de 2018, graduou-se em Zootecnia. Em março de 2019, ingressou no curso de Mestrado em Zootecnia na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias Campus de Jaboticabal - SP, sob orientação do Professor Doutor Dalton José Carneiro, com bolsa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), submetendo sua dissertação à banca examinadora em maio de 2021.

*"A mente que se abre a uma nova ideia
jamais voltará ao seu tamanho original"*
Albert Einstein

*Este trabalho é dedicado as pessoas mais importantes da minha vida.
Meus pais Jesonias (in memoriam) e Ana Rute, e ao meu irmão Jesimiel,
tudo que sou hoje é graças a vocês!*

AGRADECIMENTOS

Agradeço essencialmente a Deus, onipotente em minha vida, por ser a origem da minha força, perseverança e fé. Sem Ele nada sou.

Aos meus pais, Jesonias (in memoriam) e Ana Rute, por serem o alicerce em minha vida, modelo de conduta, fonte de amor incondicional, os quais nunca mediram esforços para o meu crescimento e formação. Em especial minha mãe/melhor amiga por ser minha fonte de alegria e força. Obrigado pelas suas orações ao meu favor, pelos seus sábios conselhos, por sua dedicação nos momentos mais importantes de minha vida. Gostaria de dizer que estar contigo nessa vida é um grande privilégio!!!

Ao meu irmão Jesimiel e minha cunhada Daiane, por todo apoio, amor e carinho. Amo vocês!

Ao professor Doutor Dalton José Carneiro que durante esse tempo de orientação se tornou um pai para mim. Me apelidou de “Maguito” e com muita paciência e humildade me ensinou como é magnífico o mundo da “Nutrição e alimentação de peixes”. Obrigado Professor Dalton, pela dedicação, amizade e parceria, obrigado pelos conselhos e desabafos, obrigado pelo aprendizado, sem dúvidas o senhor contribui muito na minha vida profissional.

Aos meus amigos de laboratório Jéssica Pacheco (braços fofinhos), Denis (irmãozão), Marcelo (Japa), Caio (Carlton), Juliano (adora áudios longos com dúvidas), Jesaías (Curumim), Naiara (Nemo), Lígia (parceira para toda hora), Sara (rainha do biofloco), Andressa (é jogo rápido), Laura (do México), Camila e Isabela (de Jesus nós somos divas), meu muito obrigado por sempre me ajudarem em todo o tempo, sejam eles, biometrias, análises, escrita e conselhos. Obrigado por depositarem confiança em mim e nunca terem me deixado desistir. “Nós rimos e choramos juntos, mas consegui tudo com vocês. Vocês são meus irmãos acadêmicos”. Obrigado!

Agradeço a todos os funcionários do Caunesp, principalmente para aos senhores Valdecir e Márcio e a senhora Elaine pelo apoio, amizade e ajuda de sempre.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq (Processo nº 133712/2019-2) pela bolsa de mestrado para a realização do presente estudo.

Obrigado a todos que, mesmo não estando citados aqui, tanto contribuíram para a conclusão desta etapa. A todos a minha eterna gratidão!!!

“Com fé espera no Senhor; o teu desejo Ele cumprirá”

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIACÕES	iv
LISTA DE TABELAS	v
LISTA DE FIGURAS	vii
CAPÍTULO I - CONSIDERAÇÕES GERAIS	100
1. INTRODUÇÃO	100
1.1 <i>Panorama da aquicultura mundial e nacional</i>	100
1.2 <i>Nutrição de Pacu (Piaractus mesopotamicus)</i>	111
1.2.1 <i>Utilização da proteína em dietas para pacu</i>	122
1.3 <i>Fontes de proteína de origem animal na alimentação de peixes</i>	155
1.4 <i>Avaliação econômica</i>	188
2. OBJETIVOS	200
2.1 <i>Geral</i>	200
2.2 <i>Objetivos específicos</i>	200
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	211
CAPÍTULO II - DESEMPENHO E EFICIÊNCIA NUTRICIONAL DE JUVENIS DE PACU (<i>Piaractus mesopotamicus</i>) ALIMENTADOS COM DIETAS EXTRUSADAS CONTENDO DIFERENTES NÍVEIS PROTEÍNA E PROPORÇÕES DE PROTEÍNA DE ORIGEM ANIMAL	288
1. INTRODUÇÃO	300
2. MATERIAL E MÉTODOS	322
2.1 <i>Experimento I – Desempenho produtivo</i>	333
2.1.1 <i>Material biológico e condições experimentais</i>	333
2.1.2 <i>Análises e composição das dietas experimentais</i>	333
2.1.3 <i>Avaliação do ensaio de desempenho produtivo</i>	366
2.1.4 <i>Análises de composição corporal</i>	366
2.1.5 <i>Parâmetros de eficiência nutricional dos peixes</i>	377
2.1.6 <i>Parâmetros metabólicos</i>	388
2.1.7 <i>Parâmetros físico-químicos de qualidade de água</i>	39
2.1.8 <i>Avaliação econômica</i>	39
2.2 <i>Experimento II – Ensaio do Coeficiente de digestibilidade aparente da proteína (CDA-PB) das dietas experimentais</i>	400
2.2.1 <i>Material biológico e condições experimentais</i>	400
2.2.2 <i>Dietas experimentais</i>	400
2.3 <i>Análises estatísticas</i>	411

3. RESULTADOS	422
3.1 <i>Desempenho produtivo.....</i>	422
3.2 <i>Parâmetros de eficiência de utilização de nutrientes das dietas.....</i>	477
3.3 <i>Análise de composição corporal</i>	488
3.4 <i>Parâmetros metabólicos</i>	500
3.5 <i>Experimento II – Coeficiente de digestibilidade aparente da proteína das dietas experimentais.....</i>	522
3.6 <i>Avaliação econômica</i>	533
4. DISCUSSÃO.....	577
4.1 <i>Desempenho e Eficiência nutricional</i>	577
4.2 <i>Composição corporal</i>	601
4.3	
<i>metabólicos.....</i>	<i>Parâmetros</i> 611
4.4	
<i>Digestibilidade.....</i>	633
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	64
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JULIO DE MESQUITA FILHO"

CÂMPUS DE JABOTICABAL

CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS



CERTIFICADO

Certificamos que o projeto de pesquisa intitulado "**Níveis de proteína em dietas extrusadas com diferentes proporções de proteína de origem animal para juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e seus efeitos sobre o desempenho, eficiência nutricional e perfil histopatológico do trato digestório**", protocolo nº 3472/20, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Dalton José Carneiro, que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao Filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da lei nº 11.794, de 08 de outubro de 2008, no decreto 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), da FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS, UNESP - CÂMPUS DE JABOTICABAL-SP, em reunião ordinária de 23 de junho de 2020.

Vigência do Projeto	03/08/2020 a 31/08/2021
Espécie / Linhagem	Pacu (<i>Piaractus mesopotamicus</i>)
Nº de animais	500
Peso / Idade	Aproximadamente 30 gramas
Sexo	Machos
Origem	CAUNESP

Jaboticabal, 23 de junho de 2020.


Profª Drª Fabiana Pilarski
Coordenadora – CEUA

LISTA DE ABREVIações

CEUA: Comitê de Ética no Uso de Animais
POA: proteína de origem animal
PB: proteína bruta
EB: energia bruta
EE: extrato etéreo
FB: fibra bruta
MM: matéria mineral
MS: matéria seca
GP: ganho em peso
CA: conversão alimentar
CS: consumo médio
TCE: taxa de crescimento específico
TEP: taxa de eficiência proteica
PB_{GP}: proporção de proteína no ganho em peso
EE_{GP}: extrato etéreo no ganho em peso
ER_{EB}: eficiência de retenção de energia bruta
ER_{PB}: eficiência de retenção de proteína bruta
CDA: coeficiente de digestibilidade aparente
CPB: consumo de proteína bruta
CEB: consumo de energia bruta
UM: umidade
Pf: peso final
Pi: peso inicial
IHS: índice hepatossomático
IGVS: índice gorduro-viscerossomático
CV: coeficiente de variação
NS: não significativo

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Formulação das dietas experimentais.....	35
Tabela 2 - Composição centesimal analisada das dietas experimentais.....	36
Tabela 3 - Resultados das análises de variância e dos testes de comparação das médias dos parâmetros de desempenho produtivo para juvenis de pacu.....	43
Tabela 4 - Valores médios de consumo (CS) dos juvenis de pacu para o efeito de interação entre PB e POA.....	44
Tabela 5 - Valores médios de P e R^2 da análise de regressão polinomial dos parâmetros de desempenho.....	44
Tabela 6 - Resultados das análises de variância e dos testes de comparação das médias dos parâmetros de eficiência de utilização de nutrientes de juvenis de pacu (valores expressos em % de matéria natural).....	47
Tabela 7 - Valores médios de proporção de proteína bruta no ganho em peso (PB_{GP}) para o efeito de interação entre PB e POA.....	48
Tabela 8 - Análise de variância e médias para a composição corporal de juvenis de pacu alimentadas com dietas extrusadas contendo níveis de proteína bruta e proporções de proteína de origem animal (valores expressos em % de matéria natural).....	49
Tabela 9 - Valores médios de proteína de bruta (PB) na composição corporal dos juvenis de pacu para a interação entre níveis de PB e POA.....	50
Tabela 10 - Análise de variância e médias dos parâmetros metabólicos dos juvenis de pacu alimentadas com dietas extrusadas contendo níveis de proteína bruta e proporções de proteína de origem animal.....	51

Tabela 11 - Valores médios dos parâmetros metabólicos de proteína total (mg/dL^{-1}) dos juvenis de pacu para o efeito de interação entre níveis de PB e POA.....53

Tabela 12 - Análise de variância e médias dos coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta em dietas extrusadas contendo níveis de proteína bruta e proporções de proteína de origem animal.....54

Tabela 13 - Custo relativo dos ingredientes na formulação ($\text{R\$/100 Kg}$) das dietas experimentais.....56

Tabela 14 - Descrição dos custos com ração, mão de obra e juvenis por tratamento para produção de juvenis de pacu em 90 dias de experimentação ($\text{R\$}$) e os indicadores de rentabilidade por tratamento.57

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Resultados obtidos em pesquisa feita nas bases de dados do “Science Direct”; “While Online Library” e “Scopus” até o dia 27/05/2021.....	12
Figura 2. Ilustração esquemática do experimento. PB: proteína bruta; POA: proteína de origem animal.....	32
Figura 3. Sistema tipo Guelph modificado, onde foi realizado o ensaio de digestibilidade.....	41
Figura 4. Médias dos níveis de: A - Ganho em Peso (GP); B - Conversão Alimentar Aparente (CAA); B - Taxa de Eficiência Proteica (TEP) de dietas contendo diferentes níveis de proteína bruta (PB).....	45
Figura 5. Valores médios de ganho em peso da produção de juvenis de pacu alimentadas com dietas extrusadas contendo níveis de proteína bruta e proporções de proteína de origem animal durante o período experimental.....	46

RESUMO - O pacu (*Piaractus mesopotamicus*) é a espécie nativa que se destaca como uma das mais cultivadas nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil pelo seu alto valor comercial, rápido crescimento, fácil adaptação a alimentação artificial, podendo ainda ser explorado para a pesca esportiva. Essa espécie apresenta também altos coeficientes de digestibilidade da energia e proteína dos principais alimentos utilizados pelas fábricas de rações, que estão relacionados com vantagens morfológicas e histológicas de seu aparelho digestório. O objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho produtivo, a eficiência nutricional, os parâmetros metabólicos, os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína e a avaliação econômica da produção de juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) alimentados com dietas extrusadas contendo diferentes níveis proteicos (PB) e proporções de proteína de origem animal (POA). Foram utilizados 270 juvenis de pacu com peso médio de $84,58 \pm 3,13$ gramas. Os peixes foram alimentados com dez dietas experimentais isoenergéticas $4000 \text{ Kcal/Kg}^{-1}$ contendo 20, 24, 28, 32 ou 36% de proteína bruta e duas proporções de proteína de origem animal – POA (25 e 50%). Os juvenis de pacu foram alimentados três vezes ao dia até a saciedade aparente, durante 90 dias. Os resultados mostraram que houve influência dos níveis proteicos apenas para o ganho em peso (GP); conversão alimentar aparente (CAA) e taxa de eficiência proteica (TEP) e que a proporções de proteína de origem animal utilizada nas dietas 25 ou 50% não influenciaram no desempenho produtivo de juvenis de pacu. Os tratamentos com 28% de PB resultaram em maiores médias dos parâmetros de GP. Os peixes alimentados com as dietas de 28 e 32% de PB apresentaram as melhores médias para conversão alimentar. As médias de taxa de eficiência proteica (TEP), apesar de não terem diferido para as dietas 20, 24 e 28% de PB, seguiram o comportamento esperado de decréscimo numérico com a elevação dos teores proteicos até 36%. A dieta com 28% de PB apresentou a maior média para o coeficiente de digestibilidade aparente da proteína com $83,49 \pm 3,72\%$. Não houve efeito das proporções de proteína de origem animal e dos níveis proteicos para os parâmetros de glicose, triglicerídeos e colesterol. Para a proteína total foi observado o efeito de interação entre os níveis de PB e POA. O nível 28% de proteína bruta resultou no melhor desempenho para os juvenis de pacu, sem efeito das proporções de proteína de origem animal (25 e 50%).

Palavras-chaves: desempenho, digestibilidade, metabolismo, nutrição

ABSTRACT - Pacu (*Piaractus mesopotamicus*) is a native species that stands out as one of the most cultivated in the South, Southeast and Center-West regions of Brazil due to its high commercial value, fast growing, easy to adapt artificially, and can also be exploited for sport fishing. This species also has high coefficients of digestibility of energy and protein of the main foods used by feed mills, which are related to morphological and histological advantages of its digestive system. The aim of the study was to assess the productive performance, nutritional efficiency, metabolic parameters, apparent protein digestibility coefficients and economic evaluation of the production of pacu (*Piaractus mesopotamicus*) juveniles fed with extruded diets containing different levels of protein (CP) and proportions of protein of animal origin (PAO). A total of 270 pacu juveniles with an average weight of 84.58 ± 3.13 grams were used. The fish were fed ten isoenergetic experimental diets $4000 \text{ Kcal/Kg}^{-1}$ containing 20, 24, 28, 32 or 36% of crude protein and two proportions of protein of animal origin – PAO (25 and 50%). Pacu juveniles were fed three times a day until apparent satiation, for 90 days. The results showed that there was an influence of protein levels only for weight gain; apparent feed conversion and protein efficiency rate and that the proportions of animal protein used in the 25 or 50% diets did not influence the productive performance of pacu juveniles. Treatments with 28% CP resulted in higher means of weight gain parameters. Fish fed diets with 28 and 32% CP had the best means for feed conversion. The protein efficiency rate averages, despite not having differed for the 20, 24 and 28% CP diets, followed the expected behavior of numerical decrease with the increase of protein contents up to 36%. The diet with 28% of CP had the highest average for the coefficient of apparent digestibility of the protein with $83.49 \pm 3.72\%$. There was no effect of animal protein proportions and protein levels for glucose, triglycerides and cholesterol parameters. For total protein, the effect of interaction between CP and PAO levels was observed. The 28% crude protein level resulted in the best performance for pacu juveniles, with no effect of animal protein proportions (25 and 50%).

Keywords: performance, digestibility, metabolism, nutrition

CAPÍTULO I - CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO

1.1 Panorama da aquicultura mundial e nacional

A aquicultura nos últimos anos avançou consideravelmente, sendo a atividade de produção animal com maior crescimento mundial, alcançando um recorde de produção de 114,5 milhões de toneladas de peso vivo em 2018 (FAO, 2020).

Fatores como o crescimento populacional, o investimento em tecnologias na cadeia de produção e a busca por alimentos cada vez mais saudáveis por parte do consumidor estão impulsionando o crescimento do consumo e da produção pesqueira mundial. O consumo médio de peixes também ultrapassou o de outras proteínas de origem animal (carne, ovos, leite etc.) em 2018, tendo um consumo per capita de 20,5 Kg (FAO, 2020).

A aquicultura no Brasil é uma prática que vêm evoluindo progressivamente, demonstrando ser o país com potencial para a expansão aquícola, devido sua grande disponibilidade de água doce, clima favorável, diversidade em espécies nativas e mercado promissor interno e externo (OSTRENSKY et al., 2008; SIDONIO et al., 2012). O Brasil encontra-se em 13º lugar na lista dos países que mais contribuíram com a aquicultura mundial (FAO, 2020), produzindo mais de 758 mil toneladas de peixes em 2019 e 802.930 toneladas em 2020; 38% dessa produção (287.930 toneladas) é representada por peixes nativos (PEIXE BR, 2021).

Dentre as espécies nativas mais cultivadas, destaca-se o pacu (*Piaractus mesopotamicus*), como uma das mais promissoras da piscicultura brasileira, em função do seu hábito alimentar onívoro, crescimento rápido, rusticidade, fecundidade elevada, fácil adaptação à alimentação artificial, alto valor comercial e grande aceitação no mercado, podendo ser explorado em criações comerciais e de pesca esportiva, nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil (CASTAGNOLLI e ZUIM, 1985; FERNANDES et al., 2000; ABIMORAD et al., 2007). A facilidade na produção de alevinos e a pesca esportiva atribuída a essa espécie fizeram com que ela conquistasse lugar de destaque entre as espécies nativas mais cultivadas no país (FERNANDES et al., 2000).

O crescimento do cultivo de peixes de espécies nativas é evidente e as pesquisas na área de nutrição e alimentação de peixes são indispensáveis para o aprimoramento da produção aquícola, com o aumento expressivo da demanda de proteína de origem animal (SIDONIO et al., 2012). Dessa forma, a avaliação das exigências de nutrientes e suas possíveis implicações no crescimento e produção, juntamente com um bom planejamento e uso adequado dos recursos naturais, são decisivos para o sucesso do sistema produtivo de peixes, tornando a piscicultura mais sustentável e lucrativa (ONO e KUBITZA, 2003; BOARATTI, 2018; KUNIYOSHI et al., 2019; OLIVEIRA et al., 2020).

1.2 Nutrição de Pacu (*Piaractus mesopotamicus*)

O pacu pertence à ordem Characiformes, família Characidae, subfamília *Myleinae* e gênero *Piaractus*. Por muito tempo foi classificado como *Colossoma mitrei* (Berg, 1895); entretanto Géry (1986) averiguou que a espécie pertencia ao gênero *Piaractus* e já havia sido descrita por Holmberg (1887). Originário da Bacia do Prata, o pacu tem ampla distribuição geográfica que compreende quatro países: Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai (SAINT-PAUL, 1986; CAROLSFELD et al., 2004; VALLADÃO, GALLANI e PILARSKI, 2018). Esta espécie de clima tropical é considerada rústica, com grande facilidade de adaptação à uma grande faixa de temperatura e salinidade (HALVER e HARDY, 2002; PEEL, FINLAYSON e MCMAHON, 2007; NETO, GALVANI e VIEIRA, 2015; PINTO et al., 2020).

Na natureza, o pacu aproveita diversos alimentos que variam conforme a sazonalidade (ABIMORAD e CARNEIRO, 2004). Silva (1985), que estudou os aspectos alimentares do pacu adulto em diferentes biótopos, descreveu que o conteúdo do estômago do pacu no Pantanal Mato-grossense durante o ano constituiu-se principalmente por folhas, frutos e resíduos vegetais, restos de peixes, crustáceos e/ou moluscos, e o considerou como uma espécie herbívora do tipo podador, com preferência frugívora. Essas particularidades são possíveis, pelas vantagens morfológicas e histológicas de seu aparelho digestório (LOGATO e MENIN, 1996; BICUDO et al., 2012).

O pacu apresenta altos coeficientes de digestibilidade da proteína e energia para os principais alimentos utilizados pelas fábricas de rações (ABIMORAD;

CARNEIRO; URBINATI, 2007). Essas características permitem que as indústrias de alimentos ofereçam ao mercado rações que compreendem grande variedade de ingredientes de origem animal e vegetal (JOMORI et al. 2005; CIAN et al. 2018).

Um dos principais objetivos da atividade de produção aquícola é alcançar o rápido crescimento aliado a alta taxa de sobrevivência dos peixes a partir de condições adequadas de nutrição. Esses fatores influenciam no aumento expressivo das pesquisas publicadas sobre nutrição e alimentação de pacu em diversas fases de produção, mostrando um forte crescimento em 2020, com tendência a maiores números de publicações em 2021 (Figura 1).

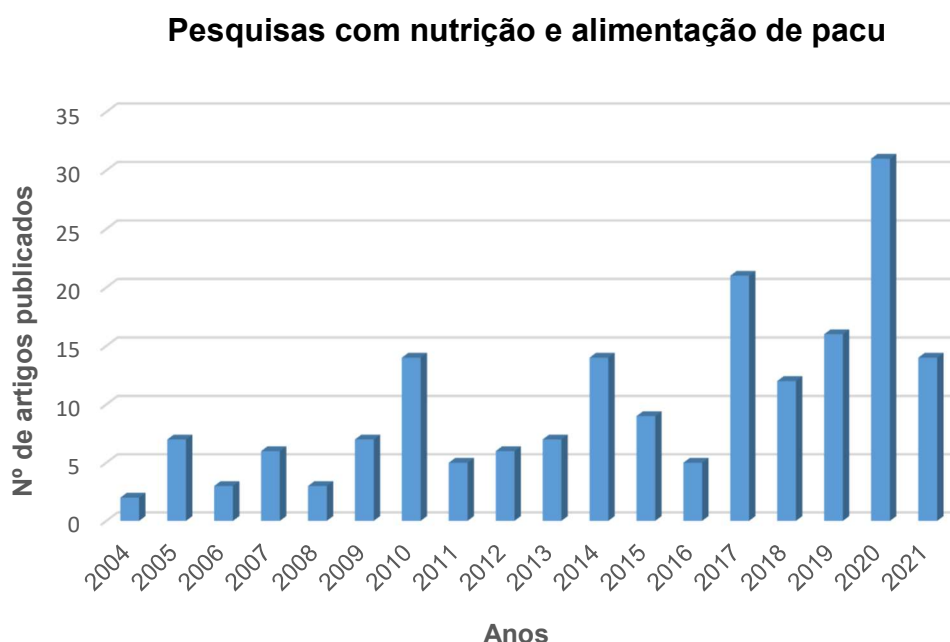


Figura 1: Resultados obtidos em pesquisa feita nas bases de dados do “Science Direct”; “Wiley Online Library” e “Scopus” até o dia 27/05/2021.

1.2.1 Utilização da proteína em dietas para pacu

A alimentação é um fator crítico em sistemas intensivos de aquicultura e a proteína é considerada o nutriente mais caro na nutrição dos peixes, sendo essencial para o crescimento, manutenção e metabolismo de todos os organismos vivos (LEE et al. 2003; NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2011; MA et al., 2019). Diante disso, a proteína e a energia assumem grande importância na composição de dietas para

peixes (NAVARRO et al., 2006), com maior destaque para a fração proteica que é exigida em quantidades elevadas.

Uma dieta rica em proteínas não significa necessariamente que os aminoácidos sejam destinados ao crescimento muscular; pelo contrário, podem ser destinados a outras vias metabólicas (FURUYA et al., 2012; SOUSA, 2012). Com o fornecimento deficiente de proteína na dieta, pode ocorrer o retardo do crescimento e perda de peso. Porém, quando o fornecimento é excessivo, a proteína é catabolizada e convertida em energia pelo fígado, levando ao acúmulo de gordura visceral, aumentando a excreção de nitrogênio e amônia no meio ambiente, com consequente poluição (MCGOOGAN e GATLIN III, 1996). A exigência de proteína na alimentação de peixes pode ser afetada por muitos fatores, como tamanho do peixe, espécie, hábito alimentar, fase de produção, função fisiológica, qualidade da proteína e fonte de energia (LOVELL, 1984; FERNANDES et al., 2001). Assim, o nível de proteína na dieta deve atender aos requisitos de crescimento, reprodução e reposição de tecidos.

A prioridade dos estudos sobre exigências nutricionais para peixes tem sido dada para as proteínas e aminoácidos, cujos níveis afetam significativamente a taxa de crescimento (ABIMORAD et al., 2007). Dessa forma, as estimativas dos requerimentos proteicos para espécies nativas como o pacu (*P. mesopotamicus*) têm sido determinadas com base em resultados de desempenho de produção e composição corporal dos peixes alimentados com dietas práticas e semipurificadas (BOSCOLO et al., 2011).

Com o intuito de melhorar a utilização de proteína bruta das dietas para alevinos de pacu, Carneiro et al. (1984, 1990) avaliaram os coeficientes de digestibilidade de quatro dietas isocalóricas 4000 Kcal. Kg⁻¹, com diferentes níveis de proteína bruta (14, 18, 22 e 26% de PB) adicionando o óxido de cromo como marcador inerte. Os resultados mostraram que a dieta com 26% PB obteve o melhor coeficiente de digestibilidade, com 86,79%. Carneiro (1990) estudou o uso de proteína e energia em dietas para alevinos de pacu contendo 20 ou 30% de proteína bruta, com 3.600 ou 4.000 kcal/kg de energia bruta, em diferentes temperaturas de cultivo (24,1; 27,9 e 31,6°C). O melhor resultado de desempenho foi verificado para os peixes alimentados com a dieta contendo 30% de proteína bruta e 3600 kcal/kg de energia bruta.

Testando a substituição da farinha de peixe por farelo de soja, Fernandes et al. (2001) avaliaram dietas isocalóricas (4000 Kcal. Kg⁻¹) contendo diferentes níveis

proteicos em dietas para alevinos de pacu (22, 26 e 30% PB) e juvenis de pacu (18, 22 e 26% PB). De acordo com os resultados obtidos pelos autores, a farinha de peixe pode ser substituída parcial ou totalmente pelo farelo de soja, sem afetar o desempenho e sem prejudicar a composição corporal dos alevinos e juvenis de pacu. O nível proteico recomendado para as dietas de alevinos foi de 26% de PB, e para os juvenis de pacu, foi 22% de PB, os quais foram suficientes para atender as exigências e manter o bom desempenho e composição corporal dos peixes.

Abimorad et al. (2007) constataram que, para um nível de proteína digestível de 230 g kg^{-1} , o pacu foi capaz de utilizar lipídios tão eficientemente quanto carboidratos para maximizar o uso de proteínas. Dentre os níveis testados, o melhor equilíbrio entre proteína digestível, lipídios e carboidratos foram alcançados em 230 g, 40 g e 460 g kg^{-1} , respectivamente. Bicudo, Sado e Cyrino (2010), com o objetivo de avaliar a proporção de proteína: energia na dieta sobre o crescimento e a composição corporal do pacu ($15,5 \pm 0,4 \text{ g}$), utilizaram dietas contendo 220, 260, 300, 340 e 380 g kg^{-1} de proteína bruta e 10,9, 11,7, 12,6, 13,4 e 14,2 MJ kg^{-1} de energia digestível. Através dos resultados, os autores concluíram que a exigência mínima de proteína na dieta do pacu foi 270 g kg^{-1} e um ótimo PB: ED de 22,2 g PB MJ⁻¹ de ED.

Signor et al. (2010) também avaliaram diferentes níveis de proteína bruta e energia digestível em dietas de juvenis de pacu criados em tanque-rede, e utilizaram três níveis de proteína bruta (25, 30 e 35%) e dois de energia digestível (3.250 e 3.500 kcal/kg). Os resultados mostraram que a dieta contendo 25% de proteína bruta e 3.250 kcal/kg de energia digestível promoveram os melhores resultados de desempenho.

Pereira et al. (2020) avaliaram o desempenho produtivo e indicadores metabólicos e enzimáticos em juvenis de pacu alimentados com dietas contendo 350 ou 400 g kg^{-1} de amido e 190 ou 210 g kg^{-1} de proteína digestível. O melhor desempenho de crescimento foi alcançado com a dieta contendo 350 g kg^{-1} de amido e 210 g kg^{-1} de proteína digestível.

1.3 Fontes de proteína de origem animal na alimentação de peixes

Com o crescimento da aquicultura, aumenta a exigência para o uso de ingredientes mais sustentáveis (TACON e METIAN, 2015). O alto custo das fontes proteicas de origem animal, somado à poluição da água ocasionado, pelo uso excessivo de proteína na alimentação de peixes, reforça a importância de estudos, tanto de fontes como de níveis de proteína mais adequadas para serem utilizadas em formulações comerciais (SILVA e ANDERSON, 1995; VIDOTTI; CARNEIRO; MALHEIROS, 2000; FERNANDES; CARNEIRO; SAKOMURA, 2001).

As rações para peixes fabricadas no Brasil são constituídas, em sua maior parte, por ingredientes de origem vegetal. Os peixes onívoros possuem adaptações morfológicas e fisiológicas que permitem a utilização de dietas com elevadas porcentagens de ingredientes vegetais, por aproveitarem melhor os carboidratos (HALVER; HARDY, 2002) e a proteína (aminoácidos) desses alimentos (FURUYA, 2001), em relação aos carnívoros. Estas características possibilitam redução de custo de produção com o uso maior de ingredientes vegetais, por serem menos onerosos e encontrados com maior disponibilidade, em comparação aos ingredientes de origem animal (HANLEY, 1987; DEGANI et al., 1997); os gastos com a alimentação podem representar até 70% do custo total de produção, em virtude das fontes de proteína utilizadas no seu processamento (DE ANDRADE; WAGNER; MAHL; MARTINS, 2005; COSTA e SABBAG, 2016).

Entretanto, devido ao grande número de espécies de peixes cultivados no Brasil, as indústrias de rações só oferecem aos produtores, dietas formuladas de acordo com o hábito alimentar do peixe (carnívoro ou onívoro), mas que podem não suprir as exigências nutricionais de algumas espécies ou até induzir os animais a um quadro de estresse metabólico, em função do excesso ou deficiência de algum nutriente na dieta (BICUDO et al. 2012; SANTOS et al.; 2013; GIMBO, 2015). Uma estratégia para isso é a formulação de rações de alta eficiência, com melhor aproveitamento dos nutrientes e redução dos impactos ambientais (BELTON, 2018).

Dietas balanceadas podem ajudar a impedir o uso de proteínas como fonte de energia e determinar o adequado atendimento das exigências de aminoácidos, garantindo uma maior produção. O estabelecimento de dietas balanceadas e com níveis adequados de proteínas pode resultar em melhor resposta ao crescimento e

maior índice de lucratividade (EITS et al., 2005). Neste sentido, pesquisas têm sido feitas para reduzir a quantidade de ingredientes proteicos de origem animal das dietas, substituindo-os por fontes proteicas de origem vegetal.

Em estudo semelhante, Faria, Hayashi e Soares (2001) avaliaram a substituição de farinha de peixe (FP) pelo farelo de soja (FS) em dietas para alevinos de piavuçu, (*Leporinus macrocephalus*) contendo seis tratamentos (20, 16, 12, 8, 4 e 0%) de farinha de peixe em dietas isoproteicas (32% de PB). Os autores observaram que a dieta controle e a dieta contendo 4% de farinha de peixe promoveram os melhores resultados sobre os valores médios de peso final, percentagem de ganho de peso e taxa de eficiência proteica, concluindo que o farelo de soja pode substituir totalmente a farinha de peixe em dietas para alevinos de piavuçu.

De Souza et al. (2004) compararam o uso de quatro fontes proteicas de origem vegetal (farelo de soja, farelo de canola, farelo de girassol e farelo de algodão) em dietas para produção de larvas de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) durante a fase de masculinização. Os resultados mostraram que a uniformidade do lote, o fator de condição e a sobrevivência não foram afetadas pelos diferentes tratamentos. A percentagem de proteína bruta da carcaça foi mais alta nos tratamentos com farelo de canola e farelo de soja, sendo que a menor percentagem foi observada para o farelo de girassol. Os autores concluíram que os farelos de soja e canola podem ser utilizados como fontes proteicas de origem vegetal sem prejudicar o desempenho das larvas de tilápia do Nilo.

Soares et al. (2013) estudaram fontes de proteína vegetal (protenose e farelo de soja) em substituição à farinha de peixe em dietas com quatro níveis de inclusão (0,0, 10, 20 e 30%) em rações para juvenis de tucunaré e verificaram que a inclusão de 10% de proteína vegetal resultou em mesmo ganho de peso, da ração contendo apenas proteína de origem animal.

De forma semelhante, Assano et al. (2011) avaliaram a utilização de silagem de resíduo de peixe e da soja integral como fontes alternativas de proteína à farinha de peixe em dietas práticas com diferentes níveis proteicos para juvenis de tilápia do Nilo em tanques escavados. Os autores constataram que a soja integral pode substituir a farinha de peixe em dietas práticas para juvenis de tilápia, utilizando 20% de proteína bruta na dieta, atendendo assim, as exigências nutricionais da espécie sem afetar a qualidade da carcaça. Fabregat et al. (2011) avaliaram a substituição da

farinha de peixe por farelo de soja em dietas para juvenis de curimatá (*Prochilodus lineatus*) utilizando dietas isocalóricas (4.000 kcal de energia bruta kg⁻¹) e isoproteicas (26% de proteína bruta) com 0, 25, 50, 75 e 100% de substituição. A troca total da farinha de peixe pelo farelo de soja piorou o ganho de peso, a conversão alimentar e a taxa de eficiência proteica. Nestes peixes também foi observado aumento no teor de gordura, em detrimento da diminuição da porcentagem de proteína da carcaça e aumento no índice hepatossomático. Os autores concluíram que substituição de até 75% farinha de peixe pelo farelo de soja (33,2% de inclusão) não afetou o crescimento dos animais, embora tenha provocado alterações na composição corporal e hiperplasia hepática.

Os inibidores de tripsina e lecitina no grão de soja bruta não se apresentaram como um fator limitante para o crescimento de juvenis de pacu, pelos resultados das análises fisiológicas realizadas por Stech; Carvalho; Carneiro (2019). Lovatto et al. (2014) avaliaram dois níveis (25 e 50%) de substituição da proteína da farinha de carne e ossos suína pelos concentrados proteicos de farelos de girassol e crambe em dietas para jundiá. Os autores constataram que não houve diferença no teor de matéria seca, proteína bruta e proteína total depositada na carcaça. Os resultados encontrados demonstram que a utilização dos concentrados proteicos vegetais testados é eficiente como alternativa para diminuir o uso da proteína de origem animal, uma vez que o desempenho dos animais que receberam os concentrados proteicos não difere dos animais que recebem a dieta controle.

Com a substituição em níveis crescentes da farinha de peixe pelo concentrado proteico de soja em dietas práticas para juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*), Corrêa (2016) constatou a possível substituição de até 78,05% da farinha de peixe pelo concentrado proteico de soja na dieta. Os maiores coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) das dietas para proteína (95,33%) e para energia (84,29%) indicaram uma maior capacidade de aproveitamento de fontes vegetais pela espécie.

Estratégias como estas, acima citadas, agregam um caráter sustentável para a produção de peixes, uma vez que podem minimizar a produção de efluentes ricos em nitrogênio e fósforo na água, alcançando uma boa produtividade (HARDY, 2010). Para isso, os alimentos que podem substituir os ingredientes de origem animal na nutrição dos animais monogástricos devem possuir certas características, como ampla

disponibilidade, preço competitivo, além de facilidade de manuseio, transporte, armazenamento e uso na indústria de alimentos.

A substituição de ingredientes de origem animal por ingredientes de origem vegetal pode diminuir o aproveitamento dos nutrientes pelos peixes (CASTRO et al., 2015). Os ingredientes vegetais podem apresentar algumas características indesejáveis, como a diminuição da disponibilidade de minerais (especialmente o fósforo), os fatores antinutricionais (que podem prejudicar a disponibilidade dos nutrientes da dieta) e também, um desbalanceamento de aminoácidos, com eventual necessidade de suplementação (PEZZATO, 2002).

Diversas são as causas que afetam a digestibilidade da proteína e o seu metabolismo nos animais aquáticos; todavia, o adequado balanceamento de rações possibilita obtenção de melhores respostas na conversão alimentar, aumento do lucro e, principalmente, diminuição do impacto ambiental (ABIMORAD e CARNEIRO, 2004; CYRINO et al., 2010; SOUSA, 2012). Os alimentos de origem vegetal representam uma opção mais econômica em relação as fontes de origem animal e com menores impactos ambientais (CASTILLO e GATLIN III, 2015).

Além disso, as matérias-primas proteicas empregadas nas rações estão gradativamente mais escassas, com preço instável devido à demanda em outras linhas de produção, como as de aves, suínos e pets (HARDY, 2010). Nesse sentido, é importante compreender melhor a eficiência de utilização dos níveis e fontes de proteína, para a produção de espécies onívoras no Brasil. Portanto, o presente estudo teve como objetivo, avaliar a possível interação entre níveis de proteína bruta e proporções de proteína de origem animal em dietas extrusadas para juvenis de pacu.

1.4 Avaliação econômica

A aquicultura atualmente está passando por grandes avanços científicos e tecnológicos, incrementando em produtividade e substituindo grande parte do pescado oriundo da pesca extrativista. Muitas famílias estão cada vez mais dependentes da pesca e aquicultura para a sua alimentação e rendimento; porém, as práticas prejudiciais e a má gestão ameaçam a sustentabilidade do setor (FAO, 2020). A atenção dos órgãos governamentais ao setor ainda é singela, tornando-o pouco produtivo em relação a outros países. Os principais entraves para a expansão do

setor, segundo Ostrensky et al. (2008), são as questões ambientais, a dificuldade para regularização dos empreendimentos, a falta de organização da cadeia produtiva, entre outros. A falta de informações e o mau gerenciamento podem comprometer a viabilidade do empreendimento (MARTINS et al., 2001).

O custo de produção é uma ferramenta importante na administração, possibilitando ao produtor realizar uma comparação do desempenho de exploração, permitindo selecionar as técnicas de exploração mais adequadas visando à melhoria de rendimento e redução de custos, e ainda avaliar o desempenho do maquinário e utilização de mão-de-obra necessária (MARTINS e BORBA, 2008). Todo empreendimento visa maior lucratividade; porém, para obter tal objetivo é necessário ter um bom manejo tecnológico na produção de peixes que permita uma maior produtividade; os estudos econômicos dão suporte necessário para a expansão da atividade (CASACA e TOMAZELLI JÚNIOR, 2001).

A tomada de decisões mais precisas está relacionada aos principais fatores que afetam os custos de produção, às variáveis de desempenho produtivo e ao acompanhamento do ambiente de estudo, permitindo identificar os itens que perdem maior importância e aqueles que possuem uma tendência em aumentar sua participação no cálculo geral (SOUZA FILHO et al., 2003). A viabilidade econômica de um sistema produtivo, à curto prazo, pode ser avaliada pelo estudo do desempenho da produção e insumos utilizados, ou seja, por análise de custos e receitas geradas nesse sistema (VERA-CALDERÓN e FERREIRA, 2004). A procura por uma grande produtividade em tanques-rede e “raceways” demanda a utilização de dietas adequadas e balanceadas, que são responsáveis pela maior fração do custo em uma piscicultura intensiva e semi-intensiva (BOSCOLO et al. 2001; FURUYA, 2001).

2. OBJETIVOS

2.1 Geral:

Este trabalho teve como objetivo estudar a interação entre os efeitos de diferentes níveis de proteína e de proporções de proteína de origem animal em dietas extrusadas para juvenis de pacu e seus efeitos sobre a digestibilidade, o desempenho zootécnico, a eficiência nutricional, o metabolismo energético e os aspectos econômicos.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar o desempenho produtivo e a eficiência da utilização de proteína e energia de dietas extrusadas com diferentes níveis de proteína e proporções de proteína de origem animal para juvenis de pacu;
- Avaliar os efeitos fisiológicos e metabólicos da utilização de diferentes níveis de proteína e proporções de proteína de origem animal em dietas extrusadas para juvenis de pacu;
- Determinar a digestibilidade aparente da proteína em dietas extrusadas com diferentes níveis proteicos e proporções de proteína de origem animal;
- Estudar a viabilidade econômica e a otimização de diferentes níveis de proteínas e proporções de proteína de origem animal de dietas extrusadas em um sistema produtivo para juvenis de pacu.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIMORAD, E.G.; CARNEIRO, D.J. 2004. Métodos de coleta de fezes e determinação dos coeficientes de digestibilidade da fração proteica e da energia de alimentos para o pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**. 33, 1101-1109.
- ABIMORAD, E.G.; CARNEIRO, D.J.; URBINATI, E.C. 2007. Growth and metabolism of pacu (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg 1887) juveniles fed diets containing different protein, lipid and carbohydrate levels. **Aquaculture Research**. 38, 36-44.
- ASSANO, M., 2004. **Utilização de diferentes fontes e níveis de proteína no crescimento da tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus***. Jaboticabal, Dissertação (Mestrado em Aquicultura) - Programa de Pós-graduação em Aquicultura do Centro de Aquicultura da UNESP – CAUNESP.
- aab
- ASSANO, M.; RAMIREZ, A. P. M.; STECH, M. R.; HONORATO, C. A.; MALHEIROS, E. B.; CARNEIRO, D. J. Desempenho de tilápia do Nilo cultivadas em viveiros escavados alimentadas com diferentes fontes e níveis proteicos. **Ensaio e Ciência. Ciências Agrárias, Biológicas e da Saúde**. Vol. 15, Nº. 5, Ano 2011.
- BELTON, B.; BUSH, S. R.; LITTLE, D. C. Not just for the wealthy: Rethinking farmed fish consumption in the Global South. **Global Food Security**, v. 16, p. 85-92, 2018.
- BICUDO, A. J. A.; SADO, R. Y.; CYRINO, J. E. P. Growth performance and body composition of pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg 1887) in response to dietary protein and energy levels. **Aquaculture Nutrition**. 16, 213-222. 2010.
- BICUDO, A. J. A.; SADO, R. Y.; CYRINO, J. E. P. Growth, body composition and hematology of juvenile pacu (*Piaractus mesopotamicus*) fed increasing levels of ractopamine. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 64, p. 1335-1342, 2012.
- BOARATTI, A. Z. 2018. **Relação entre aminoácidos essenciais em dietas para pacu (*Piaractus mesopotamicus*) na fase inicial de crescimento utilizando o método de deleção**. Jaboticabal, Dissertação (Mestrado em Aquicultura) - Programa de Pós-graduação em Aquicultura do Centro de Aquicultura da UNESP – CAUNESP.
- BOSCOLO, W. R.; SIGNOR, A.; FREITAS, J. D.; BITTENCOURT, F.; FEIDEN, A. (2011). Nutrição de peixes nativos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 40 (supl. especial), 145-154.
- BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; SOARES, C.M. Desempenho e características de carcaça de machos revertidos de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*), linhagens tailandesa e comum, nas fases inicial e de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.5, p.1391-1396, 2001.

CARNEIRO, D. J.; CASTAGNOLLI, N.; MACHADO, C.R.; VERARDINO, M. Nutrição do pacu, *Colossoma mitrei* (Berg, 1895), Pisces, Characidae: I Níveis de proteína dietária. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA**, 3, 1983, São Carlos. Anais... São Carlos: Abraq, 1984. P. 105-119.

CARNEIRO, D. J. **Efeito da temperatura na exigência de proteína e energia em dietas para alevinos de pacu, *Piaractus mesopotamicus* (HOLMBERG, 1887).** São Carlos, UFSCAR, Tese de Doutorado, 55p. 1990.

CAROLSFELD, J., 2004: Evolução da Questão de Passagens para Peixes: Similaridades entre o Canadá e o Brasil. In: Projeto peixes, pessoas e águas, Mecanismos de Transposição de Peixes Brasileiros. B. Harvey (Ed.). **World Fisheries Trust**, Victoria, Canadá, pp. 1–8.

CASACA, J. M.; TOMAZELLI JÚNIOR, O. **Planilhas para cálculos de custo de produção de peixes.** Florianópolis: Epagri, EMATER, 2001. 38p.

CASTAGNOLLI, N. & ZUIM, S.M.F. (1985). **Consolidação do conhecimento adquirido sobre o pacu *Colossoma mitrei* (BERG, 1895).** pp. 26. FCAV/UNESP. Jaboticabal, SP, Brasil.

CASTILLO, S., GATLIN III, D. M. (2015). Dietary supplementation of exogenous carbohydrase enzymes in fish nutrition: a review. **Aquaculture**, 435(1): 286-292. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.10.011>.

CASTRO C., PERÉZ-JIMÉNEZ A., COUTINHO F., DÍAZ-ROSALES P., SERRA C.A., PANSEERAT S., CORRAZE G., PERES H., OLIVA-TELES A. (2015). Dietary carbohydrate and lipid sources affect differently the oxidative status of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. **Cambridge**. Nov 28;114(10):1584-93. DOI: 10.1017/S0007114515003360.

CIAN, R. E.; BACCHETTA, C.; CAZENAVE, J.; DRAGO, S. R. Extruded fish feed with high residual phytase activity and low mineral leaching increased *P. mesopotamicus* mineral retention. **Animal Feed Science and Technology**, v. 240, p. 78-87, 2018.

CYRINO, J. E. P.; BICUDO, Á. J. D. A.; SADO, R. Y., BORGHESI, R.; DAIRIK, J. K. (2010). A piscicultura e o ambiente: o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 39, 68-87.

CORRÊA, ROSELANY DE OLIVEIRA. **Substituição da farinha de peixe pelo concentrado proteico de soja em dietas para pacus (*Piaractus mesopotamicus*) e dourados (*Salminus brasiliensis*).** 2016. Tese (doutorado) – Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba – SP.

COSTA, J. I.; SABBAG, O. J. **Caracterização, avaliação econômica e eficiência de escala (DEA) na produção de tilápia em tanques-rede e de tambaqui em viveiros escavados.** Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, 2016.

DE ANDRADE, R. L. B.; WAGNER, R. L.; MAHL, I.; MARTINS, R. S. Custos de produção de tilápias (*Oreochromis niloticus*) em um modelo de propriedade da região oeste do Estado do Paraná, Brasil. **Ciência Rural**, v.35, n.1, jan-fev, 2005.

DE SOUZA, S. R.; HAYASHI, C.; GALDIOLI, E. M.; SOARES, C. M.; MEURER, F. Diferentes fontes proteicas de origem vegetal para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) durante a reversão sexual. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 26, n. 1, p. 21-28, 2004.

DEGANI, G.; VIOLA, S.; YEHUDA, Y. (1997) Apparent digestibility of protein and carbohydrate in feed ingredients for adult tilapia (*Oreochromis aureus* x *O. niloticus*). The Israeli **Journal of Aquaculture**. 49, n. 3, p. 115-123.
doi: 10.1111/j.1365-2095.2009.00653.x.

EITS, R.M.; GIESEN, G. W. J.; KWAKKEL, R. P.; VERSTEGEN, M. W. A.; HARTOG, L. A. D. 2005. Dietary balanced protein in broiler chickens. 2. **An economic analysis**. Br Poult Sci. 46(3), 310-317; DOI: 10.1080/00071660500126482.

FABREGAT, T. E. H. P.; PEREIRA, T. S.; ALVARADO, J. D.; FERNANDES, J. B. K. Substituição da farinha de peixe pelo farelo de soja em dietas para juvenis de curimba. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 37, n. 3, p. 289-294, 2011.

FAO. 2020. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2020**. Rome. 227 pp. 2020. Disponível em: < <http://www.fao.org/3/ca9229en/ca9229en.pdf> > Acesso em: 05 mar. 2021.

FARIA, A. C. E. A.; DE HAYASHI, C.; SOARES, C. M. (2001). Substituição parcial e total da farinha de peixe pelo farelo de soja em dietas para alevinos de piavuçu (*Leporinus macrocephalus*). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, 23, 835-840. doi.org/10.4025/actascianimsci.v23i0.2625.

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

FERNANDES, J.B.K., CARNEIRO, D.J. & SAKOMURA, N.K. (2000) Fontes e níveis de proteína bruta em dietas para alevinos de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, 29, 646-653.

FURUYA, W.M. Alimentos ambientalmente corretos para piscicultura. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTEKNIA, 38., 2001, Piracicaba. Anais... Piracicaba: **Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 2001.

FURUYA, W. M.; BARROS, M. M.; PEZZATO, L. E.; CYRINO, J. E. P. 2012. NUTRIAQUA: **Exigências Nutricionais e Alimentação da Tilápia**. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2012.

GATLIN III, D.M. (1999) Nutrition and feeding of red drum and hybrid striped bass. In: **Advances in Extrusion Technology** (Chang Y.K. & Wang S.S. ed.), pp. 43-52. Technomic Publishing, Lancaster, UK.

GÉRY, J. 1986. Notes de Characologie néotropicale. 1. Progrès dans la systematique des genres *Colossoma* et *Piaractus*. **Revue Française d'Aquariologie** 12: 97-105.

GIMBO, R. Y. **Ajuste metabólico e respostas imunes de pacus juvenis alimentados com diferentes níveis de carboidratos e submetidos a jejum prolongado**. 2015. 74f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, São Paulo, 2015.

HALVER, J.E.; HARDY, R. W. 2002. **Fish Nutrition**. Elsevier Science (EUA). 315 p.

HANLEY, F. (1987) The digestibility of foodstuffs in the effects of feeding selectivity on digestibility determination in tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). **Aquaculture**, 66, 163-179.

HARDY, R.W. 2010. Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. **Aquaculture Research** 41, 770–776.

JOMORI, ROSANGELA KİYOKO et al. Economic evaluation of *Piaractus mesopotamicus* juvenile production in different rearing systems. **Aquaculture**, v. 243, n. 1-4, p. 175-183, 2005.

KUNIYOSHI, M. L. G.; GOMES, R. N. S.; VIEIRA, J. C. S.; HESSEL, M. C.; MARECO, E. A.; SANTOS, V. B.; CARVALHO, R. F.; PADILHA, P. M.; SILVA, M. D. P. 2019. **Proteomic analysis of the fast-twitch muscle of pacu (*Piaractus mesopotamicus*) after prolonged fasting and compensatory growth. Comparative Biochemistry and Physiology**. p.321-332.

LEE, J.K.; CHO, S.H.; PARK, S.U.; KIM, K.; LEE, S. 2003. Dietary protein requirement for Young turbot (*Scophthalmus maximus* L.). **Aquaculture Nutrition** 9, 283-286.

LOGATO, P.V.R.; MENIN, E. 1996 b. Histologia funcional do aparelho digestivo do pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1889.) In: **Anais do IX Simpósio Brasileiro de Aquicultura, ABRAQ**, p. 36, Sete Lagoas, SP, Brasil.

LOVATTO, N. M.; SILVA, L. P.; LOUREIRO, B. B.; GOULART, F. R.; PRETTO, A.; SPERONI, C. S.; NETO, J. R.; LORO, V. L. Efeitos de dietas contendo concentrados proteicos vegetais no desempenho e atividade de enzimas digestivas de jundiá (*Rhamdia quelen*). **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 2, p. 1071-1081, 2014. DOI: 10.5433/1679-0359.2014v35n2p107.

LOVELL, R.T. Use of soybean products in diets for aquaculture species. **Quarterly Publication of the American Soybean Association**. p.1-6. 1984.

MA, R.; LIU, X.; MENG, Y.; WU, J.; ZHANG, L.; HAN, B.; QIAN, K.; LUO, Z.; WEI, Y.; LI, C. 2019. Protein nutrition on sub-adult triploid rainbow trout (1): Dietary requirement and effect on antioxidative capacity protein digestion and absorption. **Aquaculture**. Doi.org/10.1016/j.aquaculture. 2019.03.069.

MARTINS, C. V. B.; OLIVEIRA, D. P.; MARTINS, R. S.; HERMES, C. A.; OLIVEIRA, L. G.; VAZ, S. K.; MINOZZO, M. G.; CUNHA, M.; ZACARKINA, C. E. Avaliação da piscicultura na região oeste do estado do Paraná. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 27, n.1, p.77 - 84, 2001.

MARTINS, M. I. E. G.; BORBA, M. M. Z. **Custo de produção**. Jaboticabal: Fcav/Unesp, 2008. 22p.

MCGOOGAN, B.B. REIG, R.C. (1996). Apparent digestibility of selected ingredients in red drum (*Sciaenops ocellatus*) diets. **Aquaculture**, 141, 233-244.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC), 2011. **Nutrient Requirements of Fish**. National Academy Press, Washington, DC (376 p).

NAVARRO, R.D.; MATTA, S.L.P.; LANNA, E.A.T. et al. Níveis de energia digestível na dieta do piauçu (*Leporinus macrocephalus*) no desenvolvimento testicular em estágio pós-larval. **Zootecnia Tropical**, v.24, n.2, p.153-163, 2006.

NETO, J. L. S.; GALVANI, E.; VIEIRA, B. C. Climas do Brasil: passado e presente. Em BC Vieira, A. Salgado, & L. Santos (Eds.), **Paisagens e relevos do Brasil** (pp. 33 - 41). Dordrecht, Holanda: Springer. 2015.

OLIVEIRA, K. R. B.; SEGURA, J. G.; OLIVEIRA, B. A.; MEDEIROS, A. C. L.; ZIMBA, R. D.; VIEGAS, E. M. M. 2020. Distillers' dried grains with soluble in diets for Pacu, *Piaractus mesopotamicus* juveniles: Growth performance, feed utilization, economic viability, and phosphorus release. **Animal Feed Science and Technology**, 262(2020). Doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114393.

ONO, E.A.; KUBITZA, F. **Cultivo de peixes em tanques-rede**. 3. ed. Jundiaí: Acqua Imagem, 2003. 112 p.

OSTRENSKY, A.; BOEGER, W. A. CHAMMAS, M. A. **Potencial para o desenvolvimento da aquicultura**. In: OSTRENSKY, A., BORGUETTI, J.R., SOTO, D. (Editores) *Aquicultura no Brasil: o desafio é crescer*. Brasília, p.159 -182, 2008

OSTRENSKY, A.; BORGHETTI, J. R.; SOTO, D. **Aquicultura no Brasil. O desafio é crescer**. Brasília, DF, 2008. 276 p.

PEEL, MC, FINLAYSON, BL E MCMAHON, TA: Mapa-múndi atualizado da classificação climática Köppen-Geiger, Hydrol. **Earth Syst. Sci.**, 11, 1633–1644, <https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007>, 2007.

PEIXEBR, 2021. **Anuário 2021 Peixe Brasileiro da Piscicultura**. Associação Brasileira da Piscicultura. p. 12.

PEREIRA, M. M.; NAGATA, M. M.; ENES, P.; OLIVA-TELES, A. URBINATI, E. C.; TAKAHASHI, L. S. Growth performance and metabolic responses to dietary protein/carbohydrate ratios in pacu (*Piaractus mesopotamicus*) juveniles. **Aquaculture Research**. v.51, p.5203-5211, agosto, 2020. doi.org/10.1111/are.14859.

PEZZATO, L. E.; MIRANADA, E. C.; BARROS, M. M.; PINTO, L.G.Q.; FURUYA, W. M.; PEZZATO, A. C. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 4, p.15951604, 2002.

PINTO, D.; PELLEGRIN, L.; NILTZ, L. F.; MONSERRAT, J. M.; GARCIA, L. Influence of temperature on growth, feed consumption and chemical composition in the muscle of Pacu *Piaractus mesopotamicus*. **Aquaculture Research**. v. 51, n. 9, p. 3760-3767, 2020. DOI: 10.1111/are.14726.

SAINT-PAUL, U. (1986). Potential for aquaculture of South American freshwater fishes: a review. **Aquaculture**, 54, 205-240.

SIDONIO L.; CAVALCANTI I.; CAPANEMA L.; MORCH R.; MAGALHÃES G.; LIMA J.; BURNS V.; ALVES JÚNIOR A.J.; MUNGIOLI R. **Panorama da aquicultura no Brasil: desafios e oportunidades**. BNDES Setorial, v. 35, p. 421-463, 2012.

SIGNOR, A.A.; BOSCOLO, W.R.; FEIDEN, A.; BITTENCOURT, A. C.; REIDEL, A. Proteína e energia na alimentação de pacus criados em tanques-rede. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.11, p.2336-2341, 2010.

SILVA, A. J. Regime alimentar do pacu, *Colossoma mitrei* (Berg, 1895) no Pantanal de Mato Grosso em relação à flutuação do nível da água. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOLOGIA**, 12., 1985, Campinas, Anais. Campinas: 1985. p. 179.

SILVA, S. S. e ANDERSON, T. A. **Fish Nutrition in Aquaculture**. 1 ed. London: Chapman Hall, 319p. 1995.

SOARES, E. C.; FILHO, M. P.; ROUBACH, R.; ITUASSÚ, D. R.; SILVA, R. C. S. Substituição De Proteínas De Origem Animal Por Proteínas De Origem Vegetal Na Dieta Para O Tucunaré Paca (*Cichla sp.*). **Boletim Técnico Científico do CEPNOR**, v. 6, n. 1, p. 121-131, 2013.

SOUSA, P. N. R. **Parâmetros bioquímicos e enzimáticos para jundiá (*Rhamdia quelen*) alimentados em alta e baixa frequência com diferentes níveis de proteína**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2012.

SOUZA FILHO, J.; SCHAPPO, C.L.; TAMASSIA, S.T.J. **Custo de produção de peixes de água doce**. Florianópolis: ICEPA/ Epagri, 40p. 2003. (Cadernos de Indicadores Agrícolas, 2)

STECH, M. R.; CARVALHO, M. R. B.; CARNEIRO, D. J.; 2019. Use of different cultivates of crude soybean as feed to pacu (*Piaractus mesopotamicus*): evaluation of production performance and fish metabolism. **Boletim do Instituto de Pesca**. Vol. 24 No Especial (1997).

TACON, A. G. J.; METIAN, M. (2015). Feed Matters: Satisfying the Feed Demand of Aquaculture. **Reviews in Fisheries Science & Aquaculture**, 23:1, 1-10, DOI: 10.1080/23308249.2014.987209.

VALLADÃO, G. M. R., GALLANI, S. U., PILARSKI, F., 2018. South American fish for continental aquaculture. **Reviews in Aquaculture**, 10, 351-369. <https://doi.org/10.1111/raq.12164>.

VERA-CALDERÓN, L. E.; FERREIRA, A. C. M. Estudo da economia de escala na piscicultura em tanque-rede, no estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, v.34, n.1, p.7-17, 2004.

VIDOTTI, R. M.; CARNEIRO, D. J.; MALHEIROS, E. B. Diferentes teores proteicos e de proteína de origem animal em dietas para o bagre africano, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) na fase inicial. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 22, p. 717-723, 2000.

CAPÍTULO II - DESEMPENHO E EFICIÊNCIA NUTRICIONAL DE JUVENIS DE PACU (*Piaractus mesopotamicus*) ALIMENTADOS COM DIETAS EXTRUSADAS CONTENDO DIFERENTES NÍVEIS PROTEÍNA E PROPORÇÕES DE PROTEÍNA DE ORIGEM ANIMAL

RESUMO - O objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho produtivo, a eficiência nutricional, os parâmetros metabólicos, os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína e a avaliação econômica da produção de juvenis de pacu alimentados com dietas extrusadas contendo diferentes níveis proteicos (PB) e proporções de proteína de origem animal (POA). Foram utilizados 270 juvenis de pacu com peso médio de $84,58 \pm 3,13$ gramas. Os peixes foram alimentados com dez dietas experimentais isoenergéticas $4000 \text{ Kcal/Kg}^{-1}$ contendo 20, 24, 28, 32 e 36% de proteína bruta e duas proporções de proteína de origem animal - POA (25 e 50%). Os juvenis de pacu foram alimentados três vezes ao dia até a saciedade aparente, durante 90 dias. Os resultados mostraram que houve influência dos níveis proteicos apenas para o ganho em peso; conversão alimentar aparente e taxa de eficiência proteica. As proporções de proteína de origem animal de 25 ou 50% não influenciaram no desempenho produtivo de juvenis de pacu, independente da proporção utilizada na dieta (25 ou 50%). Os peixes alimentados com as dietas contendo 28% de PB obtiveram os maiores resultados para os parâmetros ganho em peso e os peixes alimentados com as dietas de 28 e 32% de PB apresentaram as melhores médias para conversão alimentar aparente. As médias de taxa de eficiência proteica, apesar de não terem diferido para as dietas 20, 24 e 28% de PB, seguiram o comportamento esperado de decréscimo numérico com a elevação dos teores proteicos até 36%. A dieta com 28% de PB apresentou a maior média para o coeficiente de digestibilidade aparente da proteína com $83,49 \pm 3,72\%$. Não houve efeito das proporções de proteína de origem animal e dos níveis proteicos para os parâmetros de glicose, triglicerídeos e colesterol. Para a proteína total foi observado o efeito de interação entre os níveis de PB e POA. Os peixes alimentados com a dieta com 28% de proteína obtiveram uma receita líquida satisfatória e apresentou-se favorável para o melhor desempenho produtivo.

Palavras-chave: desempenho, digestibilidade, metabolismo, nutrição

ABSTRACT - The aim of this study was to evaluate the productive performance, nutritional efficiency, metabolic parameters, apparent protein digestibility coefficients and economic evaluation of the production of pacu juveniles fed with extruded diets containing different protein levels (CP) and protein proportions of animal origin (PAO). A total of 270 pacu juveniles with an average weight of 84.58 ± 3.13 grams were used. The fish were fed with ten isoenergetic experimental diets $4000 \text{ Kcal/Kg}^{-1}$ containing 20, 24, 28, 32 and 36% of crude protein and two proportions of protein of animal origin - PAO (25 and 50%). Pacu juveniles were fed three times a day until apparent satiation, for 90 days. The results showed that there was an influence of protein levels only for weight gain; apparent feed conversion and protein efficiency ratio. The proportions of animal protein of 25 or 50% did not influence the productive performance of pacu juveniles, regardless of the proportion used in the diet (25 or 50%). Fish fed diets containing 28% CP had the highest results for the parameters weight gain and fish fed diets with 28 and 32% CP had the best means for apparent feed conversion. The protein efficiency rate averages, despite not having differed for the 20, 24 and 28% CP diets, followed the expected behavior of numerical decrease with the increase of protein contents up to 36%. The diet with 28% of CP had the highest average for the coefficient of apparent digestibility of the protein with $83.49 \pm 3.72\%$. There was no effect of animal protein proportions and protein levels for glucose, triglycerides and cholesterol parameters. For total protein, the effect of interaction between CP and POA levels was observed. The fish fed the diet with 28% protein obtained a satisfactory net income and was favorable for the best productive performance.

Keywords: performance, digestibility, metabolism, nutrition

1. INTRODUÇÃO

A criação de peixes nativos vem crescendo significativamente, como é o caso dos peixes redondos tambaqui (*Colossoma macromum*), pacu (*Piaractus mesopotamicus*), pirapitinga (*Piaractus brachypomus*) e seus híbridos, que alcançaram a produção de 278.671 toneladas em 2020 (PEIXE BR, 2021). O crescimento na produção de peixes nativos revela-se promissor, mas com a necessidade de desenvolver tecnologias que viabilizem a produção, principalmente sobre a alimentação e nutrição de peixes (ABIMORAD et al., 2017; BOARATTI, 2018; KUNIYOSHI et al., 2019; OLIVEIRA et al., 2020).

Dentre essas espécies, o pacu (*Piaractus mesopotamicus*) destaca-se como uma das espécies mais cultivadas nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, devido ao seu alto valor comercial, carne de excelente sabor, rápido crescimento, fácil adaptação a alimentação artificial, aproveitando diversos alimentos (ABIMORAD e CARNEIRO, 2004; ABIMORAD, 2007; NAZARI et al., 2018). O pacu apresenta altos coeficientes de digestibilidade da energia e proteína dos principais alimentos utilizados pelas fábricas de rações (ABIMORAD; CARNEIRO; URBINATI, 2007), que estão relacionados principalmente com as vantagens morfológicas e histológicas de seu aparelho digestório (LOGATO; MENIN, 1996; NUNES, 2011; RIBEIRO et al., 2012). Essas características permitem que as indústrias de alimentos ofereçam ao mercado, rações compreendendo grande variedade de ingredientes de origem animal e vegetal (JOMORI et al., 2005; CIAN et al., 2018).

No Brasil, as rações para peixes comerciais são constituídas, em sua maior parte, por ingredientes de origem vegetal. Neste contexto, os peixes onívoros possuem adaptações morfológicas e fisiológicas que possibilitam a utilização de dietas com elevadas porcentagens de ingredientes vegetais, aproveitando melhor os carboidratos (HALVER; HARDY, 2002) e a proteína (aminoácidos) desses alimentos (FURUYA, 2001), em relação aos carnívoros. Isto possibilita redução do custo com a alimentação, pelos ingredientes vegetais serem menos onerosos e encontrados com maior disponibilidade, em comparação aos ingredientes de origem animal (HANLEY, 1987; DEGANI et al., 1997). Ressalta-se essa grande importância, considerando que os gastos com a alimentação podem representar até 70% do custo total de produção,

em função das matérias primas utilizadas no seu processamento (COSTA e SABBAG, 2016).

Entretanto, devido ao grande número de espécies de peixes criadas no Brasil, o mercado de ração oferece aos produtores dietas formuladas somente de acordo com o hábito alimentar do peixe (carnívoro ou onívoro), mas que podem não suprir as exigências nutricionais de algumas espécies ou até induzir os animais a um quadro de estresse metabólico, em função do excesso ou deficiência de algum nutriente na dieta (BICUDO, ABIMORAD, CARNEIRO, 2012; SANTOS et al.; 2013; GIMBO, 2015).

Portanto, a alimentação é um fator crítico em sistemas intensivos de aquicultura, sendo a proteína considerada o nutriente mais oneroso na nutrição dos peixes e essencial para o crescimento, manutenção e metabolismo de todos os organismos vivos (LEE et al., 2003; NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2011; MA et al., 2019). Desse modo, o estabelecimento de dietas balanceadas com o nível adequado de proteína pode resultar em melhor resposta ao crescimento e maior índice de lucratividade (EITS et al., 2005). Estas alternativas agregam um caráter sustentável para a produção de peixes, uma vez que podem minimizar a produção de efluentes ricos em nitrogênio e fósforo na água, alcançando uma boa produtividade. Além disso, as matérias-primas proteicas empregadas nas rações estão gradativamente mais escassas, com preço instável devido à demanda de outras linhas de produção, como por exemplo, aves, suínos e pets (HARDY, 2010). Portanto, entender melhor a eficiência de utilização dos níveis proteicos e fontes de proteína, torna-se importante para o desenvolvimento da produção de espécies onívoras no Brasil.

Desta forma, o presente trabalho estudou a interação entre os efeitos de diferentes níveis de proteína e de proporções de proteína de origem animal em dietas extrusadas para juvenis de pacu e seus efeitos sobre a digestibilidade, o desempenho zootécnico, a eficiência nutricional, o metabolismo energético e os aspectos econômicos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios experimentais foram realizados na Universidade Estadual Paulista - UNESP, Campus de Jaboticabal, Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos do Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP) conduzido de acordo as normas do Conselho nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA) e aprovado pela comissão de ética no uso de animais (CEUA), protocolo n° 003472/20.

O experimento apresentou delineamento inteiramente casualizado (DIC) com dez tratamentos em esquema fatorial 5 x 2 constituído por cinco níveis de proteína bruta na dieta (20, 24, 28, 32 e 36% PB) e duas proporções de proteínas de origem animal (25 e 50% POA), com três repetições (Figura 2).

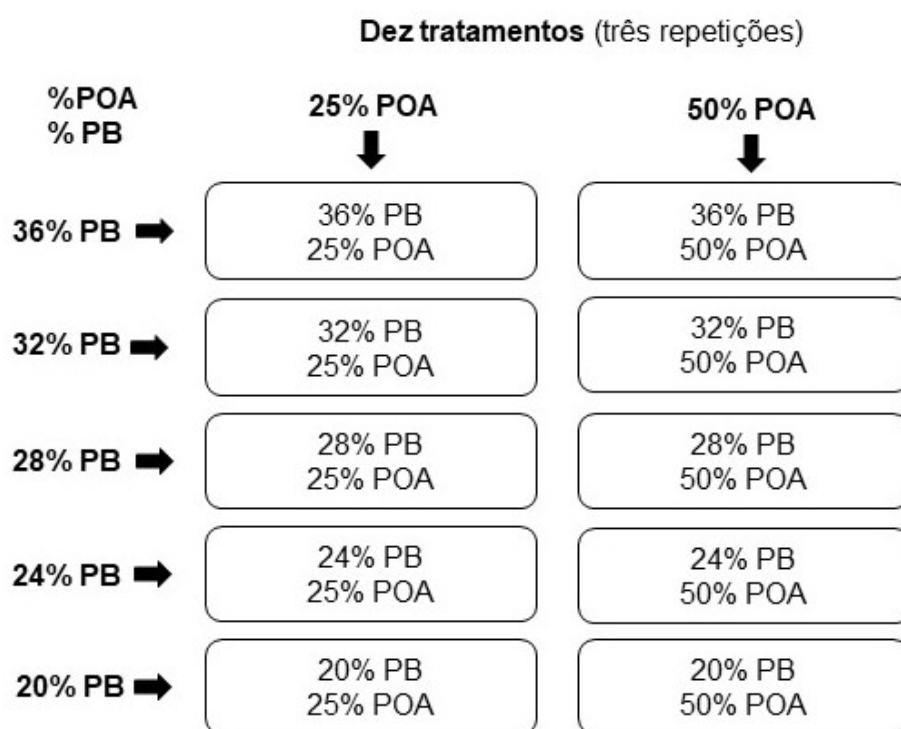


Figura 2: Ilustração esquemática do experimento. PB: proteína bruta; POA: proteína de origem animal.

2.1 Experimento I – Desempenho produtivo

2.1.1 Material biológico e condições experimentais

O primeiro experimento foi conduzido de outubro de 2020 a janeiro de 2021 (90 dias) em estufa experimental utilizando 270 juvenis de pacu (*P. mesopotamicus*) com peso médio de $84,58 \pm 3,13$ gramas. Os peixes foram distribuídos em 30 tanques de fibra de vidro com 430 litros de volume útil de água cada. A água dos tanques foi mantida sob aeração constante, com fluxo contínuo de água proveniente de poço artesiano. O arraçoamento foi realizado três vezes ao dia, até saciedade aparente dos animais, às 08h00min, 12h00min e 17h00min. O consumo médio diário de cada parcela foi calculado através da diferença entre as quantidades inicial e final das dietas previamente pesadas e separadas para serem fornecidas em cada tanque.

2.1.2 Análises e composição das dietas experimentais

As análises dos nutrientes e energia dos ingredientes foram realizadas no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos do Centro de Aquicultura da UNESP e no Laboratório de Nutrição Animal da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, Campus de Jaboticabal, SP. Em seguida, com base nas análises bromatológicas, foram formuladas dez dietas isoenergéticas (4000 Kcal. Kg⁻¹ de energia bruta) para juvenis de pacu contendo diferentes níveis de proteína bruta (20, 24, 28, 32 e 36% PB) e duas proporções de ingredientes proteicos de origem animal – POA (25 e 50%) (Tabela 1). As dietas foram processadas na Fábrica de Rações da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP - Campus de Jaboticabal. Os ingredientes da dieta foram finamente moídos e peneirados em malha de 0,9 mm de diâmetro. As dietas experimentais foram extrusadas em extrusora de eixo único (Ex Micro Model, Exteec) formando pellets de 1,7 mm. Após o processamento, foram realizadas também análises da composição bromatológica e energia das dietas experimentais (Tabela 2) na empresa CBO Análises Laboratoriais, no Laboratório de Nutrição Animal (LANA) da UNESP/FCAV, no Laboratório de Nutrição Animal do CENA/USP e no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos do Centro de Aquicultura da UNESP, Campus de Jaboticabal, SP.

Tabela 1 – Formulação das dietas experimentais

Ingredientes (g kg ⁻¹)	Proporção de 25% POA					Proporção de 50% POA				
	20% PB	24% PB	28% PB	32% PB	36% PB	20% PB	24% PB	28% PB	32% PB	36% PB
Farinha de peixe ^A	24,4	32,2	38,2	43,6	49,1	53,6	64,5	76,4	87,3	98,2
Farinha de vísceras ^B	39,6	48,6	57,3	65,5	73,7	78,9	102,2	114,6	130,9	147,3
Farinha de penas ^C	13,8	15,9	19,1	21,8	24,6	24,5	31,7	38,2	43,6	49,1
Farelo de soja ^D	147,7	247,3	341,8	431,3	520,4	35,7	99,9	171,5	235,5	297,6
Milho (grão) ^E	172,1	142,8	118,5	93,1	67,0	174,7	159,9	139,2	117,3	97,3
Farelo de trigo ^F	150,0	142,8	118,5	93,1	67,0	184,0	159,9	139,2	117,3	97,3
Farelo de arroz ^G	216,2	142,8	118,5	93,1	67,0	190,5	159,9	139,2	117,3	97,3
Quirera de arroz ^H	150,0	142,8	118,5	93,1	67,0	187,0	159,9	139,2	117,3	97,3
Óleo de soja ^I	34,4	37,4	28,7	27,0	28,1	31,2	27,0	15,0	10,0	0,0
Calcário calcítico ^J	9,7	9,7	8,1	6,5	5,0	6,4	6,5	4,5	2,4	0,0
Fosfato bicálcico ^K	20,0	20,0	19,0	18,3	17,5	12,8	12,0	9,5	7,6	5,3
DL-Metionina ^L	1,7	1,0	0,3	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0
L-Lisina HCL ^M	6,7	3,2	0,0	0,0	0,0	6,5	3,0	0,0	0,0	0,0
Antioxidante (BHT) ^N	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Antifúngico (<i>Phylax</i> ®) ^N	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Suplemento Vit. e Min. ^O	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Sal	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Total	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000

^A Guabi Nutrição e Saúde Animal, SP, Brasil. Proteína: 533,8; Extrato Etéreo: 131,6; Energia Bruta (Kcal. Kg⁻¹): 4.108,15.

^B Guabi Nutrição e Saúde Animal, SP, Brasil. Proteína: 604,2; Extrato Etéreo: 139,9; Energia Bruta (Kcal. Kg⁻¹): 4.490,3.

^C Guabi Nutrição e Saúde Animal, SP, Brasil. Proteína: 785,7; Extrato Etéreo: 115,7; Energia Bruta (Kcal. Kg⁻¹): 5.397,9.

^D Agromix, SP, Brasil. Proteína: 462,4; Extrato Etéreo 27,6; Energia Bruta (Kcal. Kg⁻¹): 3.917,07.

^E FCAV/UNESP, SP, Brasil. Proteína: 90,3; Extrato Etéreo: 39,8; Energia Bruta (Kcal. Kg⁻¹): 3.869,3.

^F Agromix, SP, Brasil. Proteína: 150,4; Extrato Etéreo: 43,7; Energia Bruta (Kcal. Kg⁻¹): 4.012,6.

^G Agromix, SP, Brasil. Proteína: 119,4; Extrato Etéreo: 170,9; Energia Bruta (Kcal. Kg⁻¹): 4.251,4.

^H Agromix, SP, Brasil. Proteína: 77,4; Extrato Etéreo: 18,8; Energia Bruta (Kcal. Kg⁻¹): 3.797,6. ^I Agromix, SP, Brasil. Energia Bruta (Kcal. Kg⁻¹): 9.338,8.

^J Nutreco Brasil, SP, Brasil. Ca: 384,0. ^K Nutreco Brasil, SP, Brasil. Ca: 245,0; P: 185,0. ^L Nutreco Brasil, SP, Brasil. Energia Bruta (Kcal Kg⁻¹): 5.445,6. ^M Nutreco Brasil, SP, Brasil.

Energia Bruta (Kcal Kg⁻¹): 4.776,9. ^N Nutreco Brasil, SP, Brasil.

^O Nutreco Brasil, SP, Brasil. Cada 1% contém: ácido fólico (1 mg); ácido pantotênico (20 mg); antioxidante (125 mg); colina (150 mg); cobre (10 mg); ferro (100 mg); iodo (5 mg); manganês (70 mg); selênio (0,15 mg); vitamina A (3,000 IU kg⁻¹); vitamina B (16 mg); vitamina B12 (20 mg); vitamina B2 (8 mg); vitamina B6 (3 mg); vitamina C (350 mg); vitamina D3 (3000 IU kg⁻¹); vitamina E (200 IU kg⁻¹); vitamina K (6 mg); zinco (150 mg); niacina (100 mg); biotina (0,10 mg).

POA – Proteína de Origem Animal; PB – Proteína Bruta.

Tabela 2 – Composição centesimal analisada das dietas experimentais

<i>Composição Centesimal (g kg⁻¹)</i>	Proporção de 25% POA					Proporção de 50% POA				
	20% PB	24% PB	28% PB	32% PB	36% PB	20% PB	24% PB	28%PB	32% PB	36% PB
Matéria seca**	945,6	943,2	949,3	906,2	896,0	970,4	923,8	940,5	934,5	933,3
Proteína bruta**	195,0	237,6	283,2	326,5	368,1	196,2	239,1	287,3	314,7	358,8
Proteína Digestível*	172,0	210,0	248,0	285,0	322,0	169,4	206,0	242,2	278,9	315,4
Extrato etéreo**	102,0	96,1	85,8	81,8	80,4	104,2	99,9	88,3	83,4	74,0
Fibra Bruta*	57,6	56,1	55,4	54,1	52,6	56,4	53,9	53,0	51,4	50,2
Matéria mineral**	92,9	96,6	94,8	93,6	99,4	96,0	99,9	103,5	110,0	111,0
Extrato não nitrogenado*	498,1	457,3	430,1	350,2	305,9	517,0	431,0	408,4	375,0	339,3
Energia bruta (kcal. kg ⁻¹)*	4040	4045	4009	4013	4032	4100	4094	4058	4061	4040
Energia Digestível*	3004	3060	3035	3037	3053	3103	3126	3098	3100	3076

*Composição Calculada. **Composição analisada. ENN = [MS – (PB+EE+FB+MM)]. POA – Proteína de Origem Animal. PB – Proteína Bruta.

2.1.3 Avaliação do ensaio de desempenho produtivo

No início e no final do período experimental (90 dias), os peixes foram pesados e medidos. Para o monitoramento do crescimento durante o período experimental foram realizadas pesagens individuais aos 30 e 60 dias. Para cada parcela experimental, foram avaliados os parâmetros de desempenho produtivo de acordo com as seguintes expressões:

$$\text{Ganho em peso (GP)} = \text{Peso médio final} - \text{Peso médio inicial}$$

$$\text{Consumo diário de ração (CDA)} = \frac{\text{Consumo de dieta}}{\text{tempo (dias)}}$$

$$\text{Conversão alimentar aparente (CA)} = \frac{\text{Consumo de dieta}}{\text{Ganho em peso total}}$$

$$\text{Taxa de eficiência proteica (TEP)} = \frac{\text{ganho em peso vivo}}{\text{proteína bruta consumida}}$$

$$\text{Taxa de crescimento específico (TCE)} = 100 \times \frac{\text{Ln peso médio final} - \text{Ln peso médio inicial}}{\text{tempo (dias)}}$$

2.1.4 Análises de composição corporal

Para determinação da composição corporal, foram utilizados 15 peixes de uma amostra inicial e cinco peixes de cada parcela experimental ao final do experimento (totalizando 15 peixes por tratamento). Os peixes foram submetidos a jejum de 24 horas e posteriormente eutanasiados por imersão do plano anestésico em benzocaína (300 mg/L), foram acondicionados em sacos plásticos rotulados, identificados e mantidos congelados em freezer para posteriores análises bromatológicas. Os peixes coletados de cada parcela foram moídos em moedor de carne C.A.F, modelo 22S e em seguida liofilizados para a determinação da porcentagem de matéria seca, matéria mineral, proteína bruta pelo método de Kjeldahl, gordura via Soxhlet (método de hidrólise ácida) e energia bruta determinada em bomba calorimétrica de Parr, de acordo com a metodologia da A.O.A.C. (2000).

2.1.5 Parâmetros de eficiência nutricional dos peixes

Com os resultados obtidos das análises de composição corporal e dos dados de desempenho, foram calculadas as eficiências de retenção de proteína bruta e de energia bruta, além das proporções de proteína bruta e de extrato etéreo no ganho em peso, de acordo com as seguintes expressões:

$$\text{Eficiência de retenção de proteína bruta (ERP\%)} = \frac{[(PBf \times Pf) - (PBi \times Pi) \times 100]}{CPB}$$

$$\text{Eficiência de retenção de energia bruta (EREB\%)} = \frac{[(EBf \times Pf) - (EBi \times Pi) \times 100]}{CEB}$$

$$\text{Proporção de proteína bruta no ganho em peso (PBgp\%)} = \frac{[(PBf \times Pf) - (PBi \times Pi) \times 100]}{(Pf - Pi)}$$

$$\text{Proporção de extrato etéreo no ganho em peso (EEgp\%)} = \frac{[(EEf \times Pf) - (EEi \times Pi) \times 100]}{(Pf - Pi)}$$

PBf, EBf e EEf= níveis de proteína bruta, de energia bruta e de extrato etéreo final na carcaça

PBi, EBi e EEi= níveis de proteína bruta, de energia bruta e de extrato etéreo inicial na carcaça

CPB= consumo de proteína bruta

CEB= consumo de energia bruta

Pi e Pf= peso médio inicial e final dos peixes

2.1.6 Parâmetros metabólicos

Para as análises bioquímicas foram capturados três peixes de cada parcela, totalizando nove peixes por tratamento. Os peixes foram submetidos a eutanásia por meio de imersão em solução de benzocaína (300 mg/L) diluída em água limpa. Os peixes de cada parcela foram anestesiados conjuntamente e amostras de sangue foram retiradas por punção da veia caudal utilizando seringas de 1 mL com agulhas 24 G 3/4. O procedimento de coleta de sangue durou um tempo aproximado de 30 segundos por peixe. O sangue foi mantido sob refrigeração durante meia hora até obter coagulação completa do mesmo. Imediatamente, foi centrifugado em centrífuga clínica a 5.000 rpm durante 5 min para obtenção do soro.

Alíquotas de 10 µL do soro foram utilizadas imediatamente para dosagem de glicose pelo método colorimétrico de GOD-Trinder (Trinder, 1969) mediante uso de kit comercial (Labtest Ref 133, Brasil) e leitura em espectrofotômetro (SP-22, Biospectra, Brasil) no comprimento de onda de 520nm. O restante do soro foi armazenado em microtubos de 1,5mL a -80°C para posteriores avaliações bioquímicas utilizando kits comerciais de espectrofotometria. Os níveis de proteínas totais foram determinados pelo método de Biureto, a partir de 20µL de soro e leitura em 545nm (Labtest Ref 99). Os triglicerídeos foram determinados pelo método enzimático Trinder, com 10µL de soro, com formação de quinoneimina e leitura em 505nm (Labtest Ref 87). As concentrações de colesterol foram medidas pelo método enzimático, a partir de 10µL de soro, com formação de antipirilquinonimina e leitura em 500nm (Labtest Ref 76). Os valores de globulinas séricas foram calculados a partir da diferença entre o valor de proteínas totais e o valor da albumina. Todas as análises bioquímicas foram realizadas no departamento de Patologia Veterinária da FCAV, UNESP, Jaboticabal.

Os mesmos peixes coletados para as análises metabólicas foram utilizados para o cálculo do índice hepatossomático e do índice gorduro-viscerossomático. Após abertura da cavidade celomática foram coletados o fígado e a gordura contida nas vísceras para os seguintes cálculos:

$$\text{Índice hepatossomático (IHS \%)} = \frac{P_{\text{fígado}}}{P_{\text{t peixe}}} \times 100$$

$$\text{Índice gorduro – viscerossomático (IGVS \%)} = \frac{P_{\text{gv}}}{P_{\text{t peixe}}} \times 100$$

Onde:

P fígado: peso do fígado

Pgv: peso da gordura visceral

Pt: peso total do peixe

2.1.7 Parâmetros físico-químicos de qualidade de água

Semanalmente, era realizada a sifonagem dos tanques para a retirada dos resíduos de alimento e fezes. Os parâmetros de temperatura, oxigênio dissolvido (YSI - *Yellow Springs Instruments* 550A), pH (*Starter* 300) e condutividade elétrica (*Condutivímetro EC 300*) foram monitorados duas vezes por semana. As amostras de água para determinação de amônia, nitrato e nitrito, foram coletadas quinzenalmente e analisadas no Centro de Aquicultura da Unesp – Caunesp em Jaboticabal – SP, conforme recomendado pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005).

As médias dos parâmetros físico-químicos da água durante todo o período experimental foram: temperatura $31,15 \pm 0,10^{\circ}\text{C}$, oxigênio dissolvido $5,16 \pm 0,10 \text{ mg/l}$, pH $7,5 \pm 0,18$, condutividade elétrica $201,83 \pm 0,71 \mu\text{S/cm}^2$, amônia $0,11 \pm 0,03 \text{ mg/l}$, nitrito $0,0024 \pm 0,0015 \text{ mg/l}$, nitrato $0,11 \pm 0,02 \text{ mg/L}$. Estes valores mantiveram-se estáveis durante o experimento, apresentando-se dentro dos limites recomendados por BOYD (1990), para peixes de águas tropicais.

2.1.8 Avaliação econômica

Para a avaliação econômica, foi utilizado o método orçamentário descrito por (TUNG, 1990; SHANG 1990), que se baseia na análise das variações de custos e receitas que podem ser ocasionadas pelas alternativas de operação do projeto e considera possíveis mudanças na avaliação.

O custo parcial foi obtido somando os custos com ração (consumo médio x preço em Kg de ração), mão de obra (tempo de alimentação x custo do trabalho por hora) e aquisição dos juvenis de pacu (preço do juvenil x densidade de estocagem). No custo com mão de obra, foi considerado 0,15 horas/dia como tempo médio para o arraçamento dos peixes e o custo unitário da mão de obra R\$ 6,91 hora, referente ao salário-mínimo mensal no estado de São Paulo (R\$ 1.327,75) acrescido de 45%

de encargos sociais pelas 192 horas mensais trabalhadas, conforme Instituto de Economia Agrícola (IEA).

As receitas foram calculadas pelo produto entre a biomassa final de cada tratamento pelo preço de venda do quilo (kg) do peixe vivo. Foi utilizado o preço médio de venda do peixe vivo para frigorífico no valor de R\$ 12,00 por kg. A receita líquida parcial (RLP) foi determinada com base na formula a seguir:

$$RLP = RB - \text{Custo parcial}$$

Onde:

RLP: Receita Líquida Parcial - RB: Receita Bruta

Custo Parcial: Juvenis, mão de obra e ração

2.2 Experimento II – Ensaio do Coeficiente de digestibilidade aparente da proteína (CDA-PB) das dietas experimentais

2.2.1 Material biológico e condições experimentais

Os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta (PB) e energia bruta (EB) de cada dieta experimental foram determinados em um segundo experimento. Foram utilizados 360 juvenis de pacu ($100 \pm 9,85$ g), distribuídos em 30 tanques de fibra de vidro com 430 litros de volume útil, com fluxo contínuo de água de poço artesiano, seguindo o mesmo delineamento do primeiro experimento.

2.2.2 Dietas experimentais

Os peixes foram arraçoados quatro vezes ao dia, até a saciedade aparente com as mesmas dietas experimentais, mas agora acrescidas de 0,1% de óxido de cromo III (Cr_2O_3), por um período de sete dias, para troca total do conteúdo do trato digestivo. Na manhã do oitavo dia de alimentação, os peixes foram transferidos para aquários de fibra de vidro (80 L) de um sistema Guelph, modificado segundo ABIMORAD e CARNEIRO (2004), equipados com um sistema de fluxo contínuo de água (Figura 3). A coleta de fezes foi realizada a cada meia hora, sendo as amostras congeladas e posteriormente liofilizadas.



Figura 3 – Sistema tipo Guelph modificado, onde foi realizado o ensaio de digestibilidade

Para determinação de óxido de cromo III das fezes e das rações, foi utilizada a metodologia descrita por Furukawa & Tsukahara (1966), na qual as amostras foram submetidas a digestão nitro-perclórica, para posterior leitura em espectrofotômetro de absorção atômica (350 nm). As análises de proteína bruta das dietas e das amostras de fezes foram realizadas pelo método Kjeldahl e a energia bruta através de Bomba Calorimétrica (Calorímetro Adiabático de Parr). Os valores de Coeficiente de Digestibilidade Aparente (CDA) foram calculados de acordo com a equação proposta por Nose (1966):

$$CDA = 100 - 100 \times \left(\frac{\% \text{ indicador na dieta}}{\% \text{ indicador nas fezes}} \right) \times \left(\frac{\% \text{ nutrientes ou energia fezes}}{\% \text{ nutrientes ou energia dieta}} \right)$$

2.3 Análises estatísticas

Os resultados dos parâmetros de desempenho, eficiência nutricional, composição corporal, digestibilidade, parâmetros metabólicos e fisiológicos foram submetidos a normalidade dos dados (teste de Cramer-von-Misses) e homocedasticidade das variâncias (teste de Levene), com a confirmação dos dados normais e homogeneidade das variâncias aplicou-se a análise de variância fatorial (ANOVA). Havendo interação entre os fatores as médias dos tratamentos foram

comparadas pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade. Somente os resultados desempenho produtivo e eficiência nutricional foram submetidos à análise de regressão polinomial e de linear-platô. As análises estatísticas foram realizadas usando o programa R Studio 3.6.0 (*The R Foundation for Statistical Computing*).

Durante o período experimental, não houve mortalidade dos peixes por motivos patológicos; contudo uma unidade experimental, referente ao tratamento 20/50, foi perdida durante a biometria de 60 dias, em virtude de uma dosagem acidental e maior do anestésico benzocaína (>300 mg/L). A perda de uma repetição não prejudicou a análise dos resultados; desta forma, as análises estatísticas foram avaliadas como parcela perdida.

3. RESULTADOS

3.1 Desempenho produtivo

Os resultados de desempenho dos peixes (Tabela 3) demonstram que houve efeito significativo ($P < 0,05$) para os níveis proteicos (PB) sobre o ganho em peso (GP), conversão alimentar aparente (CAA) e taxa de eficiência proteica (TEP). Não houve efeito das proporções de proteína de origem animal (POA) das dietas testadas ($P > 0,05$) para esses parâmetros, mas houve uma interação significativa desses fatores sobre os resultados de consumo (CS) (Tabela 3). A dieta com 28% de PB promoveu os maiores resultados médios ($P < 0,05$) para o parâmetro de ganho em peso (GP). A conversão alimentar aparente (CAA) dos peixes alimentados com as dietas de 28 e 32% de PB apresentou as melhores médias. As médias de taxa de eficiência proteica (TEP), apesar de não terem diferido ($P > 0,05$) para as dietas 20, 24 e 28% de PB, seguiram o comportamento esperado de decréscimo numérico com a elevação dos teores proteicos até 36%. Para as médias de taxa de crescimento específico (TCE), não foi observado efeito dos fatores estudados.

Tabela 3 – Resultados das análises de variância e dos testes de comparação das médias dos parâmetros de desempenho produtivo para juvenis de pacu.

<i>Estatísticas</i>	GP (g)	CS (g)	CAA	TCE (%)	TEP (%)
Médias para nível de:					
20% PB	276,96 ± 45,81 ^b	560,73 ± 36,69	2,07 ± 0,34 ^b	1,60 ± 0,14	2,59 ± 0,37 ^a
24% PB	327,44 ± 65,57 ^{ab}	572,49 ± 31,66	1,81 ± 0,36 ^{ab}	1,74 ± 0,20	2,38 ± 0,44 ^a
28% PB	364,81 ± 43,78 ^a	544,78 ± 52,14	1,50 ± 0,16 ^a	1,84 ± 0,11	2,40 ± 0,25 ^a
32% PB	338,89 ± 42,38 ^{ab}	548,83 ± 88,03	1,62 ± 0,20 ^a	1,80 ± 0,16	1,95 ± 0,23 ^b
36% PB	262,90 ± 55,48 ^b	461,94 ± 41,86	1,80 ± 0,26 ^{ab}	1,58 ± 0,16	1,57 ± 0,22 ^b
Médias para proporções de:					
25% POA	316,15 ± 63,73	552,07 ± 67,78	1,79 ± 0,29	1,72 ± 0,18	2,12 ± 0,51
50% POA	314,77 ± 61,86	520,77 ± 59,13	1,71 ± 0,34	1,71 ± 0,17	2,18 ± 0,44
Valores de <i>P</i> para:					
Efeito da PB%	0,0343*	0,0035*	0,0385*	0,0509 ^{NS}	0,00016*
Efeito da POA%	0,8514 ^{NS}	0,0898 ^{NS}	0,5633 ^{NS}	0,7334 ^{NS}	0,6342 ^{NS}
Efeito da Interação PB x POA	0,9826 ^{NS}	0,0306*	0,6001 ^{NS}	0,9930 ^{NS}	0,2281 ^{NS}
CV (%)	18,17	8,34	16,15	9,68	13,99

GP: Ganho em peso; CS: Consumo médio de ração; CAA: Conversão alimentar aparente; TCE: Taxa de crescimento específico; TEP: Taxa de eficiência proteica; CV: Coeficiente de variação. Média seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade. Média ± Desvio Padrão. PB: Proteína Bruta; POA: Proteína de Origem Animal.

O efeito de interação entre os fatores estudados (Tabela 4) apontou que os juvenis alimentados com a dieta 32/25 apresentaram a maior média de consumo. Por outro lado, este fato passa a ter relevância, considerando as melhores médias de conversão obtidas com as dietas contendo 28 ou 32% de PB.

Tabela 4 – Valores médios de consumo (CS) dos juvenis de pacu para o efeito de interação entre PB e POA.

Níveis de PB (%)	25% de POA	50% de POA
20	547,98 ± 29,28 aA	579,85 ± 49,52 aA
24	594,07 ± 20,22 aA	550,91 ± 26,43 aA
28	566,94 ± 12,54 aA	522,61 ± 71,86 aA
32	611,43 ± 50,69 aA	486,23 ± 71,05 bB
36	439,94 ± 31,90 aB	483,94 ± 43,70 aB

Média seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade (minúscula na linha e maiúscula na coluna). Média ± Desvio Padrão. PB: Proteína Bruta; POA: Proteína de Origem Animal.

As médias dos parâmetros de ganho em peso (GP), conversão alimentar aparente (CAA) e taxa de eficiência proteica (TEP) foram avaliadas através dos estudos de regressões polinomiais para os efeitos dos níveis proteicos (PB) nas dietas estudadas. Os resultados foram significativos, mas tiveram baixos coeficientes de correlação (R^2). Os estudos do modelo broken line não foram significativos (Tabela 5).

Tabela 5 – Valores médios de P e R^2 da análise de regressão polinomial dos parâmetros de desempenho.

Parâmetros	Regressão Polinomial			Modelo linear platô
	P valor	R^2	Efeito	
GP	0,00096	0,4021	Quadrático	ns
CAA	0,00184	0,3725	Quadrático	ns
TEP	2,275e ⁻⁰⁵	0,4789	Linear	ns

GP: Ganho em peso; CAA: Conversão alimentar aparente; TEP: Taxa de eficiência proteica. NS: Não significativo.

A Figura 4 demonstra a distribuição de médias do ganho em peso (GP) (a); conversão alimentar aparente (CAA) (b) e taxa de eficiência proteica (TPE) para os níveis de proteína bruta (PB) estudados.

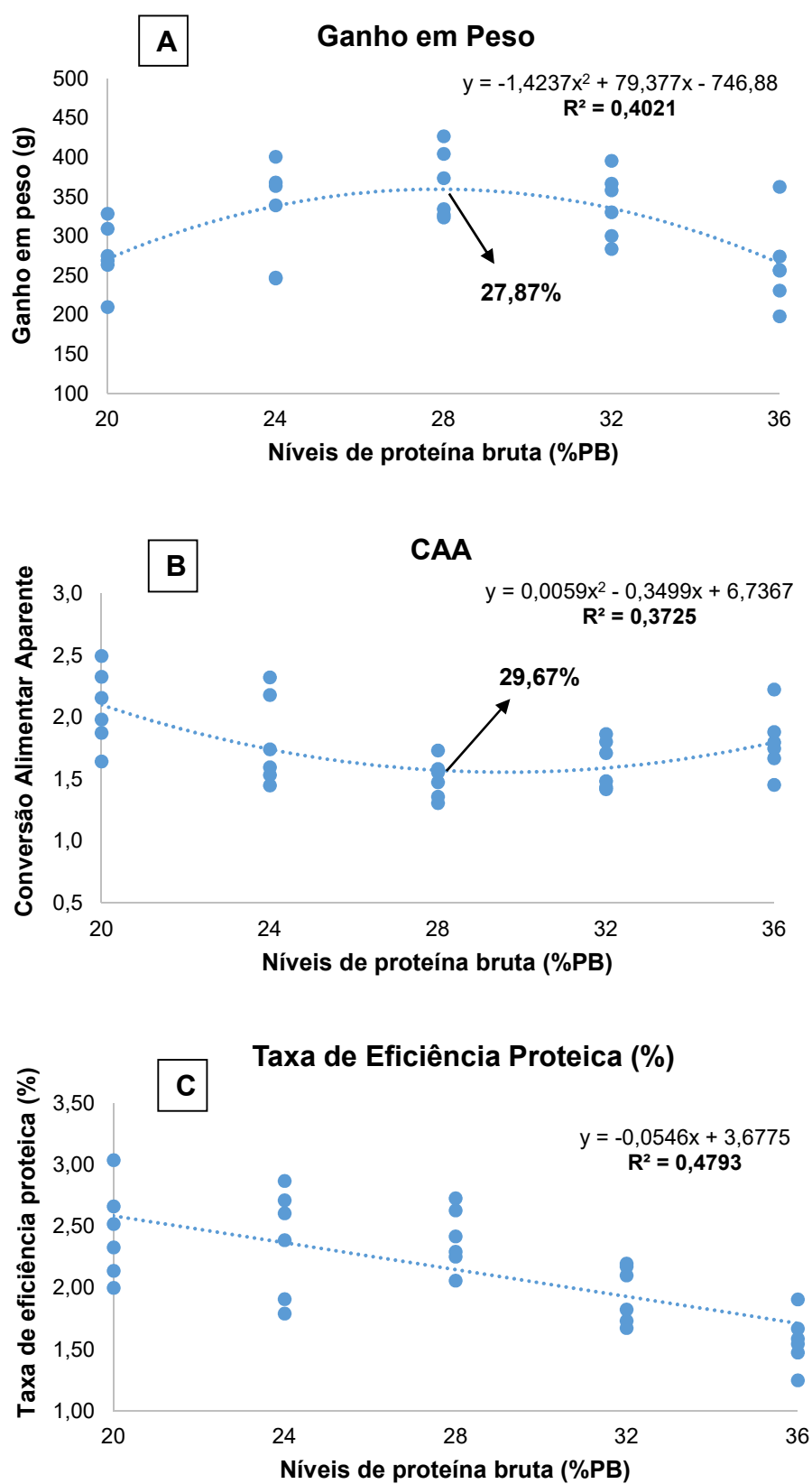


Figura 4. Médias dos níveis de: **A** - Ganho em Peso (GP); **B** - Conversão Alimentar Aparente (CAA); **B** - Taxa de Eficiência Proteica (TEP) de dietas contendo diferentes níveis de proteína bruta (PB).

Nas análises estatísticas, as médias de ganho em peso (GP) para os níveis de proteína de origem animal (POA) não diferiram significativamente ($P>0,05$) durante o período experimental. Contudo, houve efeito dos níveis proteicos, evidenciando que os peixes que receberam a dieta com 28% de PB apresentaram sempre as maiores médias ($P<0,05$), quando comparados aos de outros níveis proteicos (Figura 5).

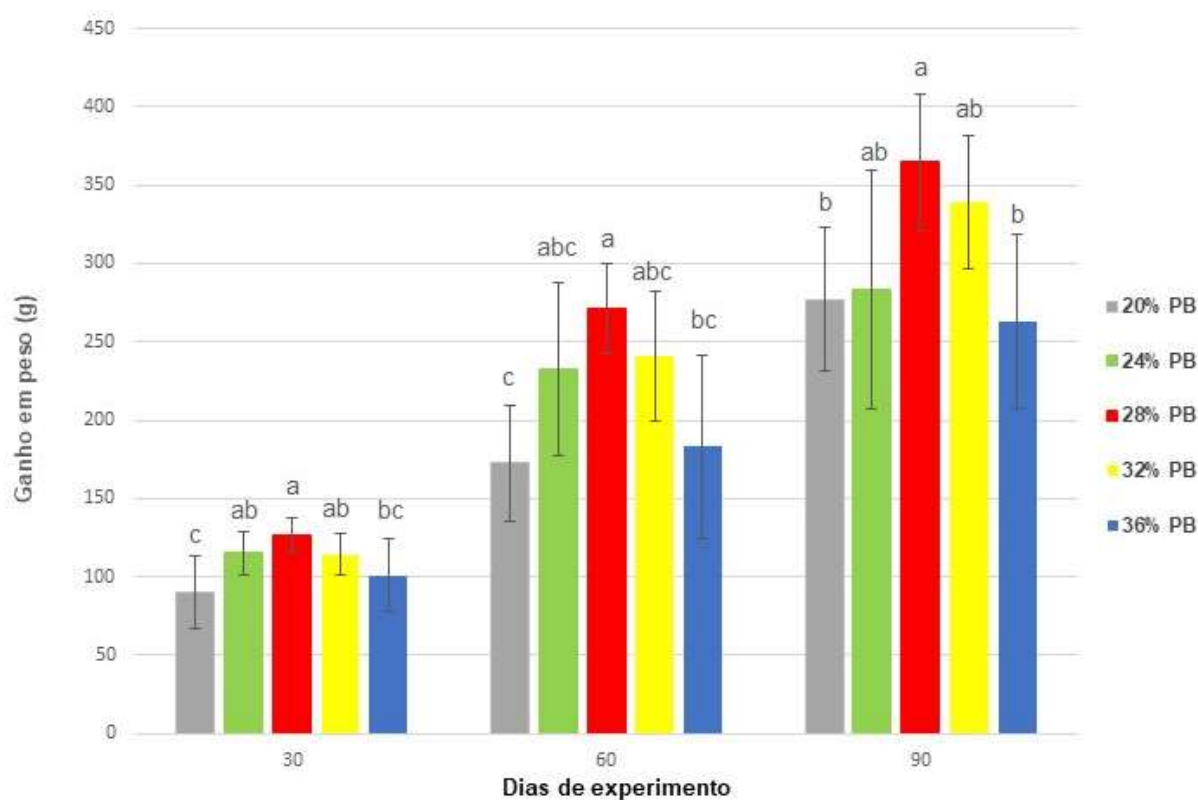


Figura 5. Valores médios de ganho em peso da produção de juvenis de pacu alimentadas com dietas extrusadas contendo níveis de proteína bruta e proporções de proteína de origem animal durante o período experimental.

3.2 Parâmetros de eficiência de utilização de nutrientes das dietas

Os resultados médios de eficiências de retenção de proteína bruta (ER_{PB}) (Tabela 6) mostraram que houve efeitos significativos ($P < 0,05$) apenas para os níveis proteicos (PB). As médias de ER_{PB} das dietas com 20, 24, 28 e 32% de PB não diferiram entre si ($P > 0,05$), provavelmente devido aos efeitos não controlados sobre as réplicas, o que pode ter causado maiores variações do que entre esses tratamentos. Porém, apenas numericamente, mostraram favorecimento para o uso de dietas contendo 28% de PB (Figura 5).

Para a proporção de extrato etéreo no ganho em peso (EE_{GP}), houve efeito do nível proteico ($P < 0,05$) e da proteína de origem animal (POA). Os resultados mostraram maior acúmulo de lipídeos, os maiores valores de EE_{GP} , com o uso de dietas contendo 24% de PB e com 50% POA (Tabela 6).

Tabela 6 – Resultados das análises de variância e dos testes de comparação das médias dos parâmetros de eficiência de utilização de nutrientes de juvenis de pacu (valores expressos em % de matéria natural).

<i>Estatísticas</i>	ER_{PB}	PB_{GP}	EE_{GP}
Médias para nível de:			
20% PB	36,77 ± 7,01 ^a	14,85 ± 1,11	19,17 ± 3,08 ^{ab}
24% PB	37,26 ± 5,03 ^a	15,51 ± 0,49	20,09 ± 1,58 ^a
28% PB	39,12 ± 4,20 ^a	16,33 ± 0,96	17,26 ± 1,72 ^{bc}
32% PB	32,39 ± 8,11 ^a	16,40 ± 2,35	17,23 ± 1,28 ^{bc}
36% PB	25,27 ± 6,46 ^b	16,71 ± 2,29	16,60 ± 3,45 ^c
Médias para proporções de:			
25% POA	32,89 ± 8,18	15,52 ± 1,26	16,84 ± 2,22 ^b
50% POA	35,19 ± 7,48	16,57 ± 1,95	19,31 ± 2,34 ^a
Valores de <i>P</i> para:			
Efeito da PB%	0,0041*	0,1044 ^{NS}	0,0217*
Efeito da POA%	0,2687 ^{NS}	0,0407*	0,0016*
Efeito da Interação PB x POA	0,0936 ^{NS}	0,0041*	0,2872 ^{NS}
CV (%)	17,37	7,18	10,37

ER_{PB} : Eficiência de retenção de proteína bruta; PB_{GP} : Proporção de proteína bruta no ganho em peso; EE_{GP} : Proporção de extrato etéreo no ganho em peso. Média seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade. CV: Coeficiente de variação. Média ± Desvio Padrão. PB: Proteína Bruta; POA: Proteína de Origem Animal.

As médias do ganho em peso (PB_{GP}), para a proporção de proteína bruta no estudo da interação (Tabela 7), revelaram que as dietas contendo 32 ou 36% de proteína bruta na dieta obtiveram os melhores valores somente com a maior proporção (50% de POA).

Tabela 7 – Valores médios de proporção de proteína bruta no ganho em peso (PB_{GP}) para o efeito de interação entre PB e POA.

Níveis de PB (%)	25% de POA	50% de POA
20	15,39 ± 0,95	14,03 ± 0,94 B
24	15,75 ± 0,41	15,16 ± 0,44 B
28	16,54 ± 0,19	16,12 ± 1,47 B
32	14,47 ± 1,55 b	18,33 ± 0,52 aA
36	15,47 ± 2,05 b	18,57 ± 1,03 aA

Média seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade (minúscula na linha e maiúscula na coluna). Média ± Desvio Padrão. PB: Proteína Bruta; POA: Proteína de Origem Animal.

3.3 Análise de composição corporal

A Tabela 8, que apresenta os valores de P e as médias da composição corporal dos juvenis de pacu ao final do período experimental, mostra que a utilização de 50% de proteína de origem animal (POA) diminuiu o valor médio de umidade (UM). As porcentagens de EE dos peixes que receberam a dieta contendo 24% PB e, também, com 50% de proteína de origem animal (POA), mostraram maior deposição de lipídeos na carcaça. As médias de matéria mineral (MM) não apresentaram efeito significativo ($P>0,05$) para os parâmetros estudados.

A interação entre conteúdo proteico (PB) e a proporção proteína de origem animal das dietas (POA) (Tabela 9) revelou os maiores valores médios de deposição de proteína bruta na carcaça (17,56% e 17,65% de PB) nos tratamentos 32/50 e 36/50.

Tabela 8 – Análise de variância e médias para a composição corporal de juvenis de pacu alimentadas com dietas extrusadas contendo níveis de proteína bruta e proporções de proteína de origem animal (valores expressos em % de matéria natural).

<i>Estatísticas</i>	UM (%)	PB (%)	EE (%)	MM (%)
Médias para nível de:				
20% PB	59,27 ± 1,43	14,76 ± 0,84	16,12 ± 2,26 ^{ab}	4,48 ± 1,07
24% PB	59,52 ± 1,76	15,29 ± 0,35	17,17 ± 1,11 ^a	4,58 ± 0,25
28% PB	60,96 ± 1,40	15,99 ± 0,80	15,18 ± 1,32 ^{bc}	5,08 ± 0,44
32% PB	61,23 ± 1,85	16,02 ± 1,88	15,10 ± 1,17 ^{bc}	4,83 ± 0,71
36% PB	61,99 ± 2,36	16,20 ± 1,74	14,12 ± 2,62 ^c	4,59 ± 0,68
Médias para proporções de:				
25% POA	61,30 ± 1,91 ^a	15,30 ± 0,98	14,61 ± 1,78 ^b	4,93 ± 0,44
50% POA	59,93 ± 1,86 ^b	16,15 ± 1,53	16,49 ± 1,71 ^a	4,53 ± 0,74
Valores de <i>P</i> para:				
Efeito da PB%	0,0719 ^{NS}	0,0938 ^{NS}	0,0171 [*]	0,5230 ^{NS}
Efeito da POA%	0,0336 [*]	0,0357 [*]	0,0016 [*]	0,1079 ^{NS}
Efeito da Interação PB x POA	0,7211 ^{NS}	0,0038 [*]	0,2761 ^{NS}	0,5079 ^{NS}
CV (%)	2,84	5,17	9,14	13,24

UM: Umidade; PB: Proteína Bruta; EE: Extrato Etéreo; MM: Matéria Mineral. Média seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade. CV: Coeficiente de variação. Média ± Desvio Padrão. PB: Proteína Bruta; POA: Proteína de Origem Animal.

Tabela 9 – Valores médios de proteína de bruta (PB) na composição corporal dos juvenis de pacu para a interação entre níveis de PB e POA.

Níveis de PB (%)	25% de POA	50% de POA
20	15,17 ± 0,74	14,14 ± 0,71 B
24	15,47 ± 0,26	15,03 ± 0,36 B
28	16,15 ± 0,13	15,82 ± 1,23 B
32	14,48 ± 1,25 b	17,56 ± 0,47 aA
36	15,23 ± 0,71 b	17,65 ± 0,63 aA

Média seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade (minúscula na linha e maiúscula na coluna). Média ± Desvio Padrão. PB: Proteína Bruta; POA: Proteína de Origem Animal.

3.4 Parâmetros metabólicos

Os valores de *P* e as médias dos parâmetros metabólicos dos juvenis de pacu estão expressos na Tabela 10. O índice gorduro-viscerossomático dos juvenis de pacu ao final do período experimental (Tabela 10) não tiveram efeito de interação, evidenciando que as médias do índice gorduro-viscerossomático (IGVS) também não sofreram influência do nível proteico (PB) e da proteína de origem animal (POA). Para o índice hepatossomático apenas houve efeito significativo ($P < 0,05$) para os níveis proteicos, na qual os peixes alimentados com a dieta de menor nível proteico (20% de PB) apresentaram os maiores resultados (Tabela 10).

Não houve efeito ($P > 0,05$) das proporções de proteína de origem animal (POA) e dos níveis proteicos (PB) das dietas testadas para os parâmetros de glicose, triglicerídeos e colesterol (Tabela 10). Para a proteína total foi observado o efeito de interação entre os níveis de PB e POA. Os peixes alimentados com as dietas 36/50 e 28/25, obtiveram as maiores médias de proteína total no sangue e os peixes alimentados com as dietas contendo 24% de PB com 25% de POA e 20% de PB com 50% de POA, apresentaram as menores médias de proteínas totais no sangue (Tabela 11).

Tabela 10 - Análise de variância e médias dos parâmetros metabólicos dos juvenis de pacu alimentadas com dietas extrusadas contendo níveis de proteína bruta e proporções de proteína de origem animal.

<i>Estatísticas</i>	IGVS (%)	IHS (%)	Glicose (mg/dL⁻¹)	Proteína Total (mg/dL⁻¹)	Triglicerídeos (mg/dL⁻¹)	Colesterol (mg/dL⁻¹)
Médias para nível de:						
20% PB	3,07 ± 0,49	1,73 ± 0,11 ^a	121,56 ± 13,04	3,34 ± 0,24	257,81 ± 113,23	192,64 ± 26,88
24% PB	3,05 ± 0,39	1,54 ± 0,16 ^b	108,09 ± 28,04	3,53 ± 0,36	306,53 ± 95,94	191,47 ± 22,61
28% PB	3,15 ± 0,18	1,48 ± 0,12 ^b	102,77 ± 24,90	3,63 ± 0,18	262,14 ± 73,82	170,39 ± 16,42
32% PB	3,06 ± 0,38	1,57 ± 0,18 ^{ab}	96,34 ± 14,98	3,61 ± 0,17	314,34 ± 114,96	178,97 ± 27,59
36% PB	2,65 ± 0,73	1,42 ± 0,08 ^b	108,34 ± 31,01	3,58 ± 0,28	248,63 ± 73,44	186,22 ± 31,88
Médias para proporções de:						
25% POA	2,97 ± 0,48	1,52 ± 0,14	108,97 ± 21,14	3,53 ± 0,23	306,97 ± 93,17	179,92 ± 20,47
50% POA	3,02 ± 0,47	1,57 ± 0,19	104,75 ± 26,49	3,56 ± 0,29	248,16 ± 84,37	187,62 ± 29,59
Valores de <i>P</i> para:						
Efeito da PB%	0,2992 ^{NS}	0,0199*	0,5075 ^{NS}	0,1445 ^{NS}	0,6575 ^{NS}	0,6271 ^{NS}
Efeito da POA%	0,7003 ^{NS}	0,2458 ^{NS}	0,7147 ^{NS}	0,7612 ^{NS}	0,0984 ^{NS}	0,4240 ^{NS}
Efeito da Interação PB x POA	0,0809 ^{NS}	0,6092 ^{NS}	0,2497 ^{NS}	0,0069*	0,5968 ^{NS}	0,8952 ^{NS}
CV (%)	14,17	9,00	21,83	5,45	33,59	14,97

Média seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade. CV: Coeficiente de variação. Média ± Desvio Padrão. PB: Proteína Bruta; POA: Proteína de Origem Animal; IGVS: Índice gorduro-viscerossomático; IHS: Índice hepatossomático.

Tabela 11 – Valores médios dos parâmetros metabólicos de proteína total (mg/dL^{-1}) dos juvenis de pacu para o efeito de interação entre níveis de PB e POA.

Níveis de PB (%)	25% de POA	50% de POA
20	$3,50 \pm 0,05$ aAB	$3,09 \pm 0,09$ bB
24	$3,30 \pm 0,35$ bB	$3,76 \pm 0,18$ aA
28	$3,77 \pm 0,14$ aA	$3,50 \pm 0,09$ aA
32	$3,59 \pm 0,04$ aAB	$3,63 \pm 0,26$ aA
36	$3,48 \pm 0,24$ aAB	$3,88 \pm 0,51$ aA

Média seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade (minúscula na linha e maiúscula na coluna). Média $\pm$ Desvio Padrão. PB: Proteína Bruta; POA: Proteína de Origem Animal.

3.5 Experimento II – Coeficiente de digestibilidade aparente da proteína das dietas experimentais

Os resultados para os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) para a proteína na (Tabela 12) demonstram que houve efeito significativo ($P < 0,05$) para os níveis proteicos (PB). Não houve efeito ($P > 0,05$) das proporções de proteína de origem animal (POA) das dietas testadas, nem interação entre os teores proteicos e proporções de proteína de origem animal para esses parâmetros.

A dieta com 28% de PB apresentou a maior média para o coeficiente de digestibilidade aparente da proteína (CDA-PB) com $83,49 \pm 3,72\%$. A menor média de CDA da PB ($67,75 \pm 3,78\%$) ocorreram para as dietas contendo 20% de PB. As demais dietas apresentaram valores intermediários para os coeficientes de digestibilidade da PB das dietas (Tabela 12).

Tabela 12 - Análise de variância e médias dos coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta em dietas extrusadas contendo níveis de proteína bruta e proporções de proteína de origem animal.

<i>Estatísticas</i>	CDA-PB
Médias para nível de:	
20% PB	67,75 ± 3,78 ^c
24% PB	80,44 ± 3,04 ^{ab}
28% PB	83,49 ± 3,72 ^a
32% PB	79,74 ± 3,51 ^b
36% PB	81,79 ± 2,51 ^{ab}
Médias para proporções de:	
25% POA	79,71 ± 5,86
50% POA	77,58 ± 7,09
Valores de <i>P</i>	
Efeito da PB%	<0,0001*
Efeito da POA%	0,05584 ^{NS}
Interação da interação PB x POA	0,08169 ^{NS}
CV (%)	3,65

CV: Coeficiente de variação. Média seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade. Média ± Desvio Padrão. PB: Proteína Bruta; POA: Proteína de Origem Animal.

3.6 Avaliação econômica

Trabalhos com exigência nutricional para peixes tem como objetivo alcançar o máximo do desempenho produtivo do animal, com o menor nível de nutriente, para que tenha uma melhor relação custo-benefício na dieta. Quando estabelecidas as exigências e empregado o fornecimento adequado deste nutriente, além de reduzir os custos de produção, pode-se diminuir a excreção de nutriente no ambiente aquático (GONÇALVES e FURUYA, 2004).

Os valores dos ingredientes das dietas foram obtidos por meio de pesquisa de mercado com empresas e fábricas produtoras de rações do interior do estado de São Paulo, entre os meses de abril a junho de 2019. Na Tabela 13, encontram-se os preços referentes aos níveis de inclusão dos ingredientes descritos na Tabela 1.

Os custos das dietas foram crescentes conforme o aumento dos teores proteicos e as proporções de proteína de origem animal. Esse comportamento torna-se notório quando observamos a porcentagem de participação da proteína de origem animal no custo das dietas, promovendo um maior valor do custo final (Tabela 13). As dietas contendo 25% de proteína de origem animal (POA) apresentaram maiores custos quando comparados as dietas com 50% de POA, estes valores são em virtude

da maior inclusão das fontes proteicas de origem vegetal e a suplementação de aminoácidos sintéticos utilizados na formulação para alcançar os teores proteicos desejados, resultando no maior custo para a dieta 36/25. Um dos fatores que evidencia o alto custo das dietas foi a fonte proteica de origem vegetal que é utilizada em rações para não-ruminantes, sendo o preço influenciado pela disponibilidade para exportação, o que reflete na alta dos preços no mercado interno (FAO, 2020).

A dieta 24% de PB e 50% de POA apresentou o menor custo da dieta (R\$ 265,81); contudo as dietas contendo 28% de PB apresentaram um custo da dieta um pouco maior que a de 24% de PB com os valores de R\$ 287,60 (28%PB com 25%POA) e R\$ 268,93 (28%PB com 50%POA), porém os peixes alimentados com essas dietas obtiveram o melhor ganho em peso (GP) $364,81 \pm 43,78$ e a melhor conversão alimentar aparente (CAA) $1,5 \pm 0,16$, evidenciando um consumo de ração (CS) semelhante aos demais tratamentos ($544,78 \pm 52,14$) (Tabela 3).

Os tratamentos com maior nível proteico (36% de PB com 25% de POA e 36% de PB com 50% de POA) apresentaram os maiores custos da dieta (R\$ 316,36 e R\$ 290,20), um menor ganho em peso (GP) ($262,90 \pm 55,48$), menor consumo (CS) ($461,94 \pm 41,86$) e baixa taxa de eficiência proteica (TEP) ($1,57 \pm 0,22$) (Tabela 3) quando comparada aos demais tratamentos. Quando comparamos as dietas dentro das proporções de proteína de origem animal, as dietas com 20% de PB resultaram em menor custo (R\$/100 Kg), manifestando um consumo de ração semelhante aos demais tratamentos; porém, com menor ganho em peso (Tabela 3).

Tabela 13 – Custo relativo dos ingredientes na formulação (R\$/100 Kg) das dietas experimentais

<i>Ingredientes (%)</i>	Dietas com 25% de POA					Dietas com 50% de POA					Preço dos ingredientes (R\$/Kg)
	20%PB	24%PB	28%PB	32%PB	36%PB	20%PB	24%PB	28%PB	32%PB	36%PB	
Farinha de peixe	7,80	10,32	12,22	13,97	15,71	17,14	20,63	24,44	27,93	31,43	3,20
Farinha de vísceras	15,25	18,71	22,06	25,21	28,36	30,39	39,35	44,11	50,41	56,71	3,85
F. pena	4,29	4,92	5,92	6,77	7,61	7,59	9,84	11,84	13,53	15,22	3,10
Farelo de soja	46,96	78,64	108,69	137,15	165,47	11,35	31,77	54,54	74,89	94,62	3,18
Milho (grão)	28,92	23,99	19,91	15,64	11,26	29,35	26,87	23,39	19,70	16,34	1,68
Farelo de trigo	21,90	20,85	17,30	13,59	9,79	26,86	23,35	20,32	17,12	14,20	1,46
Farelo de arroz	38,06	25,13	20,86	16,39	11,80	33,52	28,15	24,50	20,64	17,12	1,76
Quirera de arroz	27,01	25,70	21,33	16,76	12,07	33,65	28,79	25,06	21,11	17,51	1,80
Óleo de soja	27,18	29,55	22,67	21,33	22,20	24,65	21,33	11,85	7,90	0,00	7,90
BHT - Antioxidante	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	21,00
Calcário Calcítico	0,29	0,29	0,24	0,19	0,15	0,19	0,19	0,13	0,07	0,00	0,30
Fosfato Bicálcico	8,00	8,00	7,60	7,32	7,00	5,12	4,80	3,80	3,04	2,12	4,00
DL-Metionina	25,70	15,12	4,53	0,00	0,00	12,09	0,00	0,00	0,00	0,00	128,48
L- Lisina HCL	15,27	7,29	0,00	0,00	0,00	14,81	6,84	0,00	0,00	0,00	19,37
Premix	15,77	15,77	15,77	15,77	15,77	15,77	15,77	15,77	15,77	15,77	31,54
Antifungico	7,80	7,80	7,80	7,80	7,80	7,80	7,80	7,80	7,80	7,80	26,00
Sal	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,64
Preço da Dieta (R\$/100 Kg)	286,02	290,08	287,60	299,26	316,36	267,62	265,81	268,93	281,29	290,20	-
Participação da POA no custo da dieta (%)	9,58	11,70	13,98	15,35	16,34	20,60	26,27	29,89	32,66	35,62	-

PB: Proteína Bruta; POA: Proteína de Origem Animal.

Considerando os custos com ração, mão de obra para arraçoamento, aquisição dos juvenis e a receita gerada pela venda dos peixes para fase de engorda, foi feito o cálculo da receita líquida parcial (Tabela 14), que corresponde ao valor da receita bruta estimada subtraída dos custos com mão de obra, juvenis e ração (TUNG, 1990; SHANG 1990; DE OLIVEIRA COUTINHO et al. 2018). A porcentagem de variação foi calculada com base nas mudanças na receita líquida das demais dietas em relação a dieta de 28/25, que demonstrou os melhores médias de ganho em peso nesse estudo (TUNG, 1990; SHANG 1990; DE OLIVEIRA COUTINHO et al. 2018). Deste modo o tratamento com 32% de PB e 50% de POA obteve os maiores valores da receita líquida parcial sendo mais rentável dentre os tratamentos.

Tabela 14 – Descrição dos custos com ração, mão de obra e juvenis por tratamento para produção de juvenis de pacu em 90 dias de experimentação (R\$) e os indicadores de rentabilidade por tratamento.

POA	PB	Custo Parcial (R\$.peixe)				Preço de venda (R\$/peixe)	*Receita Líquida (R\$.peixe)	**Variação (%)
		Ração	Juvenis	Mão-de-obra	Total			
25% POA	20% PB	1,54	0,50	2,67	4,70	7,00	2,30	- 10,51
	24% PB	1,57	0,50	2,67	4,74	7,00	2,26	- 11,78
	28% PB	1,67	0,50	2,67	4,84	7,00	2,16	- 15,89
	32% PB	1,62	0,50	2,67	4,79	7,00	2,21	- 13,66
	36% PB	1,75	0,50	2,67	4,92	7,00	2,08	- 18,77
50% POA	20% PB	1,43	0,50	2,67	4,6	7,00	2,40	- 6,26
	24% PB	1,63	0,50	2,67	4,8	7,00	2,20	- 14,27
	28% PB	1,27	0,50	2,67	4,44	7,00	2,56	-
	32% PB	1,10	0,50	2,67	4,27	7,00	2,73	6,46
	36% PB	1,31	0,50	2,67	4,48	7,00	2,52	- 1,54

* Não representa um índice de lucratividade real, pois não são considerados todos os itens do custo operacional total

** Variação - Calculada com base na dieta 28/50 que obteve as melhores médias para o ganho em peso e receita líquida

[(Valor da receita líquida do tratamento - 2,56) / (2,56)]

PB: Proteína Bruta; POA: Proteína de Origem Animal.

4. DISCUSSÃO

4.1 Desempenho e Eficiência nutricional

As proporções de 25 e 50% de proteína de origem animal (POA) nas dietas estudadas não influenciaram nesses parâmetros ($P>0,05$) e este comportamento pode estar relacionado a sua plasticidade trófica da espécie estudada, possuindo a característica de aproveitar diversos alimentos como também apresentar altos coeficientes de digestibilidade, tanto de alimentos de origem animal quanto vegetal (ABIMORAD e CARNEIRO, 2004; ABIMORAD et al., 2008; NEVES et al., 2015; STECH et al., 2010).

Corrêa (2016) avaliou a substituição gradual (0; 20; 40; 60; 80 e 100%) da farinha de peixe pelo concentrado proteico de soja em dietas práticas para juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e constatou a substituição possível de até 78,05% da fonte proteica de origem animal pelo vegetal. Os Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) dos nutrientes e energia da dieta basal (420 g Kg⁻¹ de farelo de soja e 70 g Kg⁻¹ de farinha de peixe) também foram determinados para o pacu, que apresentou médias de 95,33% para proteína e 84,29% para a energia, indicando maior plasticidade da espécie para o aproveitamento de fontes vegetais.

As necessidades de proteína na dieta para o melhor crescimento do pacu variam de 260 a 360 g kg⁻¹, dependendo do tamanho do peixe, da fase de produção, da qualidade da fonte proteica ou do nível de energia da dieta (FERNANDES et al., 2000; MUÑOZ-RAMÍREZ e CARNEIRO, 2002; ABIMORAD et al., 2007; SIGNOR et al., 2010; BICUDO et al., 2010; NUNES et al., 2013; KLEIN et al., 2014; NEVES et al., 2015; BORATTI et al., 2018). No entanto, essa ampla fonte de variação torna essas informações bastante controversas (BICUDO et al., 2010), ainda mais se levarmos em consideração os diferentes sistemas de produção (URBINATI, GONÇALVES e TAKAHASHI, 2005).

Neste estudo, os juvenis de pacu alimentados com a dieta contendo os teores de 28% de PB alcançaram as melhores médias para o ganho em peso. Efeitos similares foram encontrados por Bicudo et al. (2010) avaliando níveis de proteína bruta (220, 260, 300, 340 e 380 g kg⁻¹) e energia digestível (2.600, 2800, 3000; 3200 e 3400 de kcal/kg⁻¹) para juvenis de pacu (15,5 ± 0,4 g) em sistema de recirculação. Os autores constataram através do método de regressão, que a necessidade estimada de proteína digestível para pacu variou entre 270-280 g kg⁻¹. Klein et al. (2014)

também constataram que o teor de 26% de proteína bruta na dieta gerou os melhores resultados para o desempenho produtivo de pacus (150 a 400 g) cultivados em tanque-redes. Signor et al. (2010), avaliando o desempenho de pacus (*P. mesopotamicus*) criados em tanques-rede, relataram que a dieta contendo 25% de PB e 3250 kcal/kg de energia digestível proveram os melhores resultados de desempenho para peixes de 293 gramas, demonstrando que a exigência proteica depende de vários fatores como hábito alimentar, fase de desenvolvimento, entre outros. Os mesmos autores constataram que os teores proteicos testados (25, 30 e 35% de PB) não influenciaram na taxa de crescimento específico (TCE), este mesmo efeito foi observado no presente estudo (Tabela 3).

As melhores médias de conversão alimentar aparente (CAA) do presente estudo foram proporcionadas pelas dietas com 28 e 32% de PB com os valores de 1,5 e 1,6, respectivamente. Diferentemente, Klein (2011) estudando os níveis proteicos de 18,5; 20,7; 23,7; 25,6 e 28,3% de PB para juvenis de pacu (*P. mesopotamicus*) produzidos em tanques-rede, não observou diferenças significativas na conversão alimentar aparente (1,6 a 1,8). Khan et al. (2020) trabalhando com níveis de proteína digestível para pacu adulto em sistema de recirculação, verificaram que os melhores resultados de CAA (1,8 e 1,9) foram alcançados com as dietas de contendo 238 e 272 g kg⁻¹ de proteína digestível, respectivamente. Abimorad e Carneiro (2007) estudando o uso de dois teores de proteína bruta (22 e 25%); três teores de extrativo não nitrogenado (41, 46 ou 50%) e dois teores de lipídios (4 e 8%) em dietas para o pacu, encontraram a melhor média para a conversão alimentar aparente (2,7) nos peixes alimentados com 25% de proteínas digestível.

No presente estudo, os resultados de taxa de eficiência proteica apresentaram uma correlação negativa com os níveis de proteína na dieta. Na literatura, outros autores já constataram que níveis altos de proteína dietética ocasionam valores baixos de TEP (MOHANTA et al., 2008; ABDEL-TAWWAB et al., 2010; ASSANO et al., 2011; BUZOLLO et al., 2019). Esse comportamento pode ser atribuído ao maior uso da fração proteica da dieta nos níveis que se excedeu a exigência de proteína bruta (ASSANO, 2004). As melhores taxas de eficiência proteica (TEP) foram encontradas nos níveis de 20, 24 e 28% PB com os valores de 2,59%; 2,38% e 2,40% respectivamente, mostrando a capacidade da espécie para a melhor utilização da proteína em dietas com baixos níveis proteicos (ASSANO, 2004).

As médias de consumo (CS) dos peixes (Tabela 4) demonstraram a interação entre os fatores estudados ($P < 0,05$). A maior média de consumo (CS) ($P < 0,05$) ocorreu com os juvenis de pacu alimentados com a dieta de 32% PB 25% POA ($611,43 \pm 50,69$), porém não proporcionou maior GP quando comparada aos peixes alimentados com dieta de 28% PB com um consumo de ($544,78 \pm 52,14$). Esses resultados podem ser decorrentes da relação ED/PB, pois em peixes frugívoros como o pacu (*P. mesopotamicus*), a diminuição da relação ED/PB resulta em aumento no consumo de dieta para atender a demanda energética (SAMPAIO, KUBITZA e CYRINO, 2000; ABIMORAD, 2004). Buzollo (2011) estudou níveis de proteínas digestíveis de 25, 28 e 31% para tilápia em tanque-rede e não observou diferenças estatísticas para as médias de consumo diário. Por outro lado, Buzollo et al. (2019) avaliaram os efeitos dos níveis 14, 17, 20, 23, 26, 29 ou 32% de PD para tambaqui (*Colossoma macropomum*) e identificaram que o consumo médio diário dos peixes aumentou com o nível da proteína digestível na dieta. Pereira et al. (2020) também não observaram diferenças estatísticas no consumo médio diário de juvenis de pacu (41,7 g) quando avaliaram os níveis de amido 350 ou 400 g/kg e de proteína digestível de 190 ou 210 g/kg na dieta.

A eficiência de retenção de proteína bruta (ER_{PB}) foi melhor para os peixes alimentados com as dietas contendo os teores de 20 a 32% de PB (Tabela 6). Buzollo et al. (2019) também observaram que os resultados de ER_{PB} para os peixes diminuíram significativamente conforme o aumento do nível de proteína na dieta, obtendo o melhor valor de ER_{PB} para os peixes alimentados com 17% de PD. De outra forma, Assano (2004) estudou os níveis proteicos de 20, 24 ou 28% de PB em dietas para tilápia e não verificou diferenças estatísticas para nas médias de ER_P dos peixes.

Para os resultados médios de proporção de proteína bruta no ganho em peso (PB_{GP}) houve interação dos fatores estudados ($PB \times POA$) mostrando que os melhores valores foram alcançados para os peixes alimentados com as dietas 32/50 ($18,33 \pm 0,52\%$) e 36/50 ($18,57 \pm 1,03\%$) (Tabela 7). Assano et al. (2011) não encontraram efeitos diferenciados ($P > 0,05$) para as principais fontes proteicas (soja integral, farinha de peixe ou silagem fermentada de resíduo de tilápia) como também para os níveis proteicos (20, 24 e 28% de PB) sobre as médias de PB_{GP} . BOTARO et al. (2007) também não encontraram diferenças significativas nas médias de PB_{GP} de tilápia do Nilo com peso médio final em torno de 261 g, alimentadas com níveis de proteína digestível de 27,0; 25,2; 24,3 e 22,7%.

Os peixes alimentados com as dietas contendo o nível de 24% PB e 50% de POA obtiveram o maior acúmulo de lipídios com $20,09 \pm 1,58\%$ e $19,31 \pm 2,34\%$ (Tabela 6). Diferentemente, Signor et al. (2010) não encontraram diferenças significativas para EE_{GP} quando estudaram diferentes níveis proteicos (25, 30 ou 35% PB) e de energia digestível (3250 ou 3500 kcal/kg) para juvenis de pacu de 293 g. Segundo Wilson (1989), quando uma dieta com muita proteína é fornecida, apenas uma parte será usada para construção de novas proteínas e a restante será convertida em energia.

Os índices gorduro-viscerossomático (IGVS) não apresentaram nenhum efeito para os fatores estudados. Klein (2011) também observou que não houve diferença entre os valores médios de IGVS para juvenis de pacu, quando alimentados com dietas contendo teores proteicos crescentes (18,5; 20,7; 23,7; 25,6; ou 28,3% PB). Martino et al. (2002) relataram que o nível de lipídios na dieta geralmente está associado a um aumento nos depósitos de lipídios nos órgãos internos; tal efeito não foi observado nesse estudo, devido os peixes terem sido alimentados com dietas isoenergéticas, com aproximadamente 4000 Kcal. Kg⁻¹.

Os índices hepatossomático (IHS) dos juvenis de pacu revelaram apenas o efeito dos teores proteicos (PB), mostrando que o menor nível de proteína na dieta (20% de PB) resultou no maior índice hepatossomático (Tabela 10). O valor do IHS evidenciou uma relação inversa do percentual de proteína bruta contida na dieta, ou seja, quanto menor o percentual de PB, maior foi o valor médio do índice hepatossomático. Pode-se inferir que ocorreu sobrecarga metabólica dos peixes devido à alta concentração de extrativo não nitrogenado nas dietas com baixo nível proteico. Em dietas para juvenis de “silver barb” (*Puntius gonionotus*), Mohanta et al. (2009) utilizaram cinco teores de carboidratos (22, 26, 30, 34 ou 38 %) e constataram um aumento nos valores para o IHS, conforme os teores de carboidratos aumentaram de 30 para 38%. Buzollo et al. (2019) relatou resultados semelhantes, obtendo o maior índice hepatossomático (1,87%) para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) alimentados com o menor nível proteico (14% de PD).

4.2 Composição corporal

Para a composição corporal dos peixes foi observada o efeito de interação sobre os resultados de proteína bruta (PB). Os maiores níveis de PB na carcaça foram

evidenciados para os peixes alimentados com as dietas 32/50 ($17,56 \pm 0,47$) e 36/50 ($17,65 \pm 0,63$). Abimorad et al. (2007) estudaram relações entre níveis de proteína e energia digestíveis em dietas para o crescimento do pacu com diferentes proporções de lipídios (4% e 8%), proteínas digestíveis (20 e 23%) e carboidratos (41%, 46% e 50%) e não observaram diferenças significativas da proteína bruta na carcaça dos peixes estudados. De forma semelhante, Signor et al. (2010) não observaram diferenças significativas para a proteína bruta na carcaça de juvenis de pacu produzidos em tanque redes, quando alimentados com níveis de proteína bruta (25, 30 e 35%) e energia digestível (3250 e 3500 kcal/kg).

O conteúdo de extrato etéreo na carcaça dos peixes diminuiu conforme o aumento do nível proteico nas dietas. Fernandes et al. (2001) também observaram uma diminuição nos níveis de lipídios na carcaça causados pelo aumento na proteína da dieta, em estudo com juvenis de pacu. Buzollo et al. (2019) também verificaram uma menor deposição de gordura na carcaça dos juvenis de tambaqui alimentados com os maiores teores de proteína digestível, cujo trato digestivo exibe morfologia semelhante à do pacu.

Este comportamento pode ser explicado devido ao efeito poupador de proteína; ou seja, a proteína era não utilizada como fonte de energia, provavelmente porque as dietas continham o adequado balanceamento e atenderam às necessidades energéticas dos peixes Buzollo et al. (2019).

4.3 Parâmetros metabólicos

A avaliação dos parâmetros metabólicos do sangue de peixes pode amparar a compreensão mais clara do estado metabólico do animal e do desempenho do metabolismo em condições relacionadas a desequilíbrios nutricionais, fisiológicos e gerais (WAGNER e CONGLETON, 2004), incluindo o efeito de ingredientes alternativos e suplementos nas dietas para peixes. Além disso, os parâmetros bioquímicos sanguíneos podem refletir o estado de saúde do animal (SIMKOVÁ et al., 2015).

Os níveis dietéticos de proteína aumentaram a deposição de proteína digerida no sangue, respostas similares foram descritas para outras espécies de peixes incluindo tilápia, *Oreochromis niloticus* (ABDEL-TAWWAB et al., 2010) e carpa,

Cyprinus carpio (NASIR et al., 2013), nas quais os níveis mais altos corresponderam aos grupos que obtiveram melhor ganho de peso.

Abimorad et al. (2007) estudaram relações entre níveis de proteína e energia digestíveis em dietas para o crescimento do pacu com diferentes proporções de proteínas digestíveis (19 e 22%); lipídios (4% e 8%) e carboidratos (41%, 46% e 50%) e observaram resultados similares de proteína total sérica dos peixes alimentados com as dietas contendo 19% e 22% de PD com os valores de 4,0 e 4,3 mg/dL⁻¹. Em contrapartida, MUÑOZ-RAMÍREZ e CARNEIRO (2002) estudaram os efeitos da suplementação de metionina (0,2; 0,4 e 0,6%) ou lisina (0,2; 0,4 e 0,6%) em dietas com baixo teor proteico 22% de PB para o crescimento do pacu e encontraram valores maiores que 6,5 mg/mL de proteína total no sangue. De forma semelhante, Nunes (2011) avaliou o metabolismo de juvenis de pacu (23,9 ± 4,7g) alimentados com diferentes níveis de proteína bruta (24; 28 e 32% PB) e verificou os valores médios (7,89; 5,14 e 6,88 mg/mL) de proteína total no sangue.

A concentração de glicose no sangue é resultado da diferença entre a quantidade de glicose que ingressa no organismo através da alimentação e a retirada da circulação para ser utilizada como fonte de energia (POLAKOF et al., 2011). Desta forma, a glicose pode ser usada como indicador da taxa metabólica e do estado nutricional dos peixes (CONGLETON e WAGNER, 2006), sendo que a glicemia em peixes apresenta ampla variabilidade entre as espécies (DE OLIVEIRA GUILHERME, 2021). No presente experimento, não houve diferenças significativas na glicemia entre os diferentes tratamentos, o que se explica pela quantidade isoenergéticas das dez dietas testadas.

Nos peixes, o metabolismo lipídico começa com a digestão e posterior absorção intestinal dos lipídeos, processo que libera ácidos graxos que são subsequentemente transportados ao músculo, tecido adiposo, e outros tecidos. O excesso de gordura é armazenado na forma de triglicerídeos (ZHANG et al., 2020). Por outro lado, o colesterol é fundamental para a síntese de hormônios esteroides, constituintes de sais biliares, além de ser um componente de membranas celulares. Os níveis de colesterol e triglicerídeos podem ser influenciados pela nutrição (LABARRÈRE et al., 2013).

Os níveis de triglicerídeos e colesterol não diferiram significativamente, indicando que não houve efeito adverso na saúde dos peixes. Os valores médios encontrados para esses parâmetros se mantiveram próximos aos descritos pelos

respectivos autores (MUÑOZ-RAMÍREZ e CARNEIRO, 2002; ABIMORAD, 2004; MUÑOZ-RAMÍREZ; 2005; ZOLFAGHARI et al. 2011; DE OLIVEIRA GUILHERME, 2021). As observações realizadas para os parâmetros metabólicos deste estudo sugerem que os níveis proteicos e as proporções de proteínas de origem animal nas dietas estudadas não geraram alterações metabólicas e nem mobilização de nutrientes que indiquem desequilíbrio fisiológico dos juvenis de pacu.

4.4 Digestibilidade

O coeficiente de digestibilidade reflete a eficiência com a qual o organismo hidrolisa nutrientes e pode ser influenciado pelas propriedades físicas e químicas dos componentes da dieta (NRC, 2011).

Os resultados dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) para a proteína na (Tabela 13) demonstram que não houve interação entre os teores proteicos e proporções de proteína de origem animal ($P>0,05$).

Não houve efeito significativo das proporções de proteína de origem animal (POA) nas dietas testadas, demonstrando capacidade do pacu em aproveitar eficientemente os nutrientes de alimentos de origem animal ou vegetal (CARNEIRO e ABIMORAD, 2004; ABIMORAD et al., 2007; STECH et al., 2010; BICUDO et al., 2012). Foi observado o efeito significativo ($P<0,05$) para os níveis proteicos (PB) sobre os coeficientes de digestibilidade da proteína. As dietas contendo os teores de 28 e 36% de PB apresentaram os maiores CDA-PB ($83,49\% \pm 3,72$ e $81,79 \pm 2,51$) respectivamente, em contrapartida o coeficiente de digestibilidade da proteína (CDA-PB) para os peixes alimentados com as dietas com 20% de PB foram menores ($67,75\% \pm 3,78$). Esse comportamento pode ter sido influenciado pela maior inclusão de ingredientes de origem vegetal e consequentemente maiores fatores antinutricionais, para as dietas com menores níveis proteicos. A presença de fatores antinutricionais na dieta pode afetar negativamente o aproveitamento de alguns nutrientes pelos pacus (RIBEIRO et al., 2017).

Os fatores anti-nutricionais são substâncias que reduzem ou impedem totalmente a utilização de um elemento nutritivo, seja no nível digestivo ou no nível metabólico (JAYASENA e JO, 2013; DE SOUZA et al., 2019).

Nesse contexto, Stech et al. (2010) determinaram a digestibilidade da proteína do farelo de soja (FS), da soja integral crua (SIC) e submetida a diversos tratamentos:

macerada (SIM), tostada (SIT) e extrusada (SIE), utilizando-se de juvenis de pacu com peso inicial de 18,9g. Os níveis de fatores antinutricionais também foram avaliados: inibidores de tripsina, hemaglutinina e taninos presentes nesses alimentos. Os autores verificaram CDA da PB do FS, SIC, SIM, SIT e SIE, respectivamente de: 93,88; 80,06; 82,80; 94,99 e 95,23%.

De forma semelhante, Aguilar et al. (2020) avaliaram os coeficientes de digestibilidade aparente da energia e proteína de dietas isoproteicas com 32% de proteína digestível (PD), contendo dois teores de lipídeos (6,96 e 9,98%) para juvenis de pacu ($63,5 \pm 1,27$ g). Os coeficientes de digestibilidade aparente da energia e proteína para a dieta com (9,98% de lipídeos com 32% de PB) foram de $84,66 \pm 0,27\%$ e $89,20 \pm 0,61\%$, respectivamente. Com relação à dieta (6,96% de lipídeos com 32% de PB), CDA de energia foi de $84,52 \pm 0,37\%$ e da proteína foi de $89,19 \pm 0,16\%$.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nas condições de realização do presente estudo, os resultados obtidos com o desempenho produtivo, eficiência nutricional, digestibilidade e parâmetros metabólicos, conclui-se que o nível 28% de proteína bruta (24,8% digestível) resultou no melhor desempenho para os juvenis de pacu, sem efeito das proporções de proteína de origem animal (25 e 50%).

Os peixes alimentados com a dieta contendo 32% de PB e 50% de POA demonstraram o melhor retorno econômico, contudo recomenda-se a dieta com 28% de proteína, pois obteve uma receita líquida satisfatória e apresentou-se favorável para o melhor desempenho produtivo de juvenis de pacu na fase de pré-engorda.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDEL-TAWWAB, M.; AHMAD, M. H.; KHATTAB, Y. A.; SHALABY, A. M. Effect of dietary protein level, initial body weight, and their interaction on the growth, feed utilization, and physiological alterations of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). **Aquaculture**, v. 298, n. 3-4, p. 267-274, 2010.
- ABIMORAD, E.G.; CARNEIRO, D.J. 2004. Métodos de coleta de fezes e determinação dos coeficientes de digestibilidade da fração proteica e da energia de alimentos para o pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**. 33, 1101-1109.
- ABIMORAD, E.G.; CARNEIRO, D.J.; URBINATI, E.C. 2007. Growth and metabolism of pacu (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg 1887) juveniles fed diets containing different protein, lipid and carbohydrate levels. **Aquaculture Research**. 38, 36-44.
- ABIMORAD, E.G.; DUCATTI, C.; CASTELLANI, D.; JOMORI, R. K.; PORTELLA, M. C.; SARTORI, M. M. P.; CARNEIRO, D. J. 2017. Dietary lysine deficiency increases the incorporation rate of nitrogen-free compounds in muscle of pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Aquaculture**. 479 (2017), 522-527.
- AGUILAR, F. A. A.; MOURÃO, G. B.; CYRINO, J. E. P. 2020. Digestible energy and protein requirements for maintenance and growth of pacu (*Piaractus mesopotamicus*): A factorial approach-based model. **Scientia Agricola**, 78.
- AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Agriculture Chemists**. 17th ed., Arlington: AOAC, 2000. v.2.
- APHA, 2005. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, American Water Works **Association and Water Environment Federation**. 21st ed., Washington, USA. 4358 pp.
- ASSANO, M., RAMIREZ, A. P. M., STECH, M. R., HONORATO, C. A., MALHEIROS, E. B., & CARNEIRO, D. J. (2011). Desempenho de tilápia do nilo cultivadas em viveiros alimentadas com diferentes fontes e níveis protéicos. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, 15(5), 83-92.
- BICUDO, A. J. A.; SADO, R. Y.; CYRINO, J. E. P. Growth performance and body composition of pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg 1887) in response to dietary protein and energy levels. **Aquaculture Nutrition**. 16, 213-222. 2010.
- BICUDO, A. J. A.; SADO, R. Y.; CYRINO, J. E. P. Growth, body composition and hematology of juvenile pacu (*Piaractus mesopotamicus*) fed increasing levels of ractopamine. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 64, p. 1335-1342, 2012.

BOARATTI, A. Z.; FERNANDES, J. B. K.; NASCIMENTO, T. M. T. 2018. **Relação entre aminoácidos essenciais em dietas para pacu (*Piaractus mesopotamicus*) na fase inicial de crescimento utilizando o método de deleção**. Jaboticabal, Dissertação (Mestrado em Aquicultura) - Programa de Pós-graduação em Aquicultura do Centro de Aquicultura da UNESP – CAUNESP.

BOTARO, D., FURUYA, W. M., SILVA, L. C. R., SANTOS, L. D. D., SILVA, T. S. D. C., & SANTOS, V. G. D. (2007). Redução da proteína da dieta com base no conceito de proteína ideal para tilápias-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) criadas em tanques-rede. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 36(3), 517-525.

BOYD, C.E. (1990). **Water quality in ponds for aquaculture**. Agriculture Experiment Station, Auburn University, Alabama, 482 pages.

BUZOLLO, H.; SANDRE, L. C. G. D.; NEIRA, L. M.; NASCIMENTO, T. M. T. D.; JOMORI, R. K.; CARNEIRO, D. J. 2019. Digestible protein requirements and muscle growth in juvenile tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Aquaculture Nutrition**, 25(3), 669-679.

CIAN, R. E.; BACCHETTA, C.; CAZENAVE, J.; DRAGO, S. R. Extruded fish feed with high residual phytase activity and low mineral leaching increased *P. mesopotamicus* mineral retention. **Animal Feed Science and Technology**, v. 240, p. 78-87, 2018.

CONGLETON J.L., WAGNER T., 2006. Blood-chemistry indicators of nutritional status in juvenile salmonids. **Journal of fish biology**, 69, 473–490. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2006.01114.x>

CORRÊA, R. D. O. **Substituição da farinha de peixe pelo concentrado proteico de soja em dietas para pacus (*Piaractus mesopotamicus*) e dourados (*Salminus brasiliensis*)**. Tese apresentada à Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. 2016.

COSTA, J. I.; SABBAG, O. J. **Caracterização, avaliação econômica e eficiência de escala (DEA) na produção de tilápia em tanques-rede e de tambaqui em viveiros escavados**. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, 2016.

DE OLIVEIRA COUTINHO, J. J., NEIRA, L. M., DE SANDRE, L. C. G., DA COSTA, J. I., MARTINS, M. I. E. G., PORTELLA, M. C., & CARNEIRO, D. J. (2018). Carbohydrate-to-lipid ratio in extruded diets for Nile tilapia farmed in net cages. **Aquaculture**, 497, 520-525.

DE OLIVEIRA COUTINHO, J. J.; NEIRA, L. M.; DE SANDRE, L. C. G.; DA COSTA, J. I.; MARTINS, M. I. E. G.; PORTELLA, M. C., & CARNEIRO, D. J. (2018). Carbohydrate-to-lipid ratio in extruded diets for Nile tilapia farmed in net cages. **Aquaculture**, 497, 520-525.

DE OLIVEIRA GUILHERME, H. 2021. **Comportamento alimentar, desempenho e bioquímica sanguínea de *Colossoma macropomum* em diferentes esquemas de alimentação**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

DE SOUZA, C. G.; DE MOURA, A. K. B.; DA SILVA, J. N. P.; SOARES, K. O.; DA SILVA, J. V. C.; VASCONCELOS, P. C. 2019. **Fatores antinutricionais de importância na nutrição animal: Composição e função dos compostos secundários**. Pubvet, 13, 166.

DEGANI, G.; VIOLA, S.; YEHUDA, Y. (1997). Apparent digestibility of protein and carbohydrate in feed ingredients for adult tilapia (*Oreochromis aureus* x *O. niloticus*). The Israeli **Journal of Aquaculture**. 49, n. 3, p. 115-123. DOI: 10.1111/j.1365-2095.2009.00653.x.

EITS, R.M.; Giesen, G.W.J.; Kwakkel, R.P.; Verstegen, M.W.A.; Hartog, L.A.D. 2005. Dietary balanced protein in broiler chickens. 2. **An economic analysis**. Br Poult Sci. 46(3), 310-317; DOI: 10.1080/00071660500126482.

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

FERNANDES, J.B.K., CARNEIRO, D.J. & SAKOMURA, N.K. (2000) Fontes e níveis de proteína bruta em dietas para alevinos de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, 29, 646-653.

FURUKAWA, A. A.; TSUKAHARA, H. On the acid digestion for the determination of chromic oxide as index substance in the study of digestibility of fish feed. **Bulletin of the Japanese Society of Fisheries**, Minato, v.32, n.6, p.502-506, 1966.

FURUYA, W.M. Alimentos ambientalmente corretos para piscicultura. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECHNIA, 38., 2001, Piracicaba. Anais...Piracicaba: **Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 2001.

GIMBO, R. Y.; URBINATI, E. C. **Ajuste metabólico e respostas imunes de pacus juvenis alimentados com diferentes níveis de carboidratos e submetidos a jejum prolongado**. 2015. 74f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, São Paulo, 2015.

GONÇALVES, G. S.; FURUYA, W. M. (2004). Digestibilidade aparente de alimentos pelo piavuçu, *Leporinus macrocephalus*. Acta Scientiarum. **Animal Sciences**, 26(2), 165-169.

HALVER, J.E.; HARDY, R. W. 2002. **Fish Nutrition**. Elsevier Science (EUA). 315 p.

HANLEY, F. (1987) The digestibility of foodstuffs in the effects of feeding selectivity on digestibility determination in tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). **Aquaculture**, 66, 163-179.

HARDY, R.W. 2010. Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. **Aquaculture Research** 41, 770–776.

JAYASENA, D. D.; JO, C., 2013. Essential oils as potential antimicrobial agents in meat and meat products: A review. **Trends in Food Science & Technology**, 34(2):96-108. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2013.09.002>.

JOMORI, ROSANGELA KIYOKO et al. Economic evaluation of *Piaractus mesopotamicus* juvenile production in different rearing systems. **Aquaculture**, v. 243, n. 1-4, p. 175-183, 2005.

KHAN, K. U., GOUS, R. M., MANSANO, C. F. M., NASCIMENTO, T. M. T., ROMANELI, R. D. S., RODRIGUES, A. T., ... FERNANDES, J. B. K. (2020). Response of juvenile pacu (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887) to balanced digestible protein. **Aquaculture Research**, 51(9), 3729-3740.

KLEIN, S. (2011). **Níveis de proteína bruta em dietas para o pacu (*Piaractus mesopotamicus*) cultivado em tanques rede**. Dissertação. Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca. Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

KLEIN, S.; LORENZ, E. K.; BUENO, G. W.; SIGNOR, A.; FEIDEN, A.; BOSCOLO, W. R. 2014. Níveis de proteína bruta em dietas para pacu (*Piaractus mesopotamicus*) com 150 a 400g cultivados em tanques-rede. **Archivos de zootecnia**, 63(244), 599-610.

KUNIYOSHI, M. L. G.; GOMES, R. N. S.; VIEIRA, J. C. S.; HESSEL, M. C.; MARECO, E. A.; SANTOS, V. B.; CARVALHO, R. F.; PADILHA, P. M.; SILVA, M. D. P. 2019. Proteomic analysis of the fast-twitch muscle of pacu (*Piaractus mesopotamicus*) after prolonged fasting and compensatory growth. **Comparative Biochemistry and Physiology**. p.321-332.

LABARRÈRE, C. R., FARIA, P. M. C. D., TEIXEIRA, E. D. A., & MELO, M. M. (2013). Blood chemistry profile of Surubim hybrid fish (*Pseudoplatystoma reticulatum* X *P. corruscans*) raised in different stocking densities. **Ciência e Agrotecnologia**, 37(3), 251-258.

LEE, J. K.; CHO, S. H.; PARK, S. U.; KIM, K.; LEE, S. 2003. Dietary protein requirement for Young turbot (*Scophthalmus maximus* L.). **Aquaculture Nutrition** 9, 283-286.

LOGATO, P.V.R.; MENIN, E. 1996 b. Histologia funcional do aparelho digestivo do pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1889.) In: **Anais do IX Simpósio Brasileiro de Aquicultura, ABRAQ**, p. 36, Sete Lagoas, SP, Brasil.

LONE, K. P.; INCH, B. W.; MATTY, A. J., (1982). Changes in the blood chemistry of rainbow trout, *Salmo gairdneri* Rich, in relation to dietary protein level, and an anabolic steroid hormone, ethylestrenol. **Journal of Fish Biology**, v. 20, n. 5, p. 597-606, 1982.

MA, R.; LIU, X.; MENG, Y.; WU, J.; ZHANG, L.; HAN, B.; QIAN, K.; LUO, Z.; WEI, Y.; LI, C. 2019. Protein nutrition on sub-adult triploid rainbow trout (1): Dietary requirement and effect on antioxidative capacity protein digestion and absorption. **Aquaculture**. Doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.03.069.

MARTINO, R. C.; CYRINO, J. E. P.; PORTZ, L.; TRUGO, L. C. Effect of dietary lipid level on nutrition performace of the surubim, *Pseudoplatystoma coruscans*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 209, p. 209-2019, 2002.

MOHANTA, K. N., MOHANTY, S. N., JENA, J. K., & SAHU, N. P. (2008). Protein requirement of silver barb, *Puntius gonionotus* fingerlings. **Aquaculture Nutrition**, 14(2), 143-152.

MUÑOZ RAMÍREZ, A. P. **Utilização de carboidratos digestíveis em dietas para pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887)**. 2005. Tese apresentada ao Centro de Aquicultura - Unesp, Campus de Jaboticabal, SP.

MUÑOZ-RAMÍREZ, A. P.; CARNEIRO, D. J. 2002. Suplementação de lisina e metionina em dietas com baixo nível proteico para o crescimento inicial do pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg). Acta Scientiarum. **Animal Sciences**, 24, 909-916.

NASIR, N. A.; AL-SRAJI, A. Y. J. Effect of different dietary protein and fats on some biochemical blood parameters in common carp fingerlings (*Cyprinus carpio* L.) reared in float cages. **Asian Journal of Experimental Biology Science**, v. 4, p. 293-296, 2013.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC), 2011. **Nutrient Requirements of Fish**. **National Academy Press**, Washington, DC (376 p).

NAZARI, H., SALARZADEH, A., SAFARI, O., & YAHYAVI, M. (2018). Screening of selected feedstuffs by juvenile pacu, *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818). **Aquaculture Nutrition**, 24(6), 1729-1737.

NEVES, M., BALEN, R. E., MEURER, F., BAUMGARTNER, G., BRAGA, A. F. (2015). Exigência de proteína digestível para alevinos de Pacu (*Piaractus mesopotamicus*) alimentados com ração à base de farelo de soja. **Agrarian**, 8(28), 204-209.

NOSE, T. 1966. Recents advances in the study of fish digestion in Japan. In: SYMPOSIUM ON FEEDING TROUT AND SALMON CULTURE, 7., 1966. **Belgrade. Proceedings**. **Belgrade**: EIFAC, p.17.

NUNES, C. D. S. (2011). **Crescimento, hematologia e metabolismo de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) submetido ao exercício aeróbico e alimentado com níveis crescentes de proteínas**. Tese apresentada no programa de Pós-graduação e Ciências Fisiológicas (PIPGCF UFSCar-UNESP), para obtenção do título de Doutor em Ciências Fisiológicas.

NUNES, C. D. S., MORAES, G., FABRIZZI, F., HACKBARTH, A., & ARBELÁEZ-ROJAS, G. A. (2013). Growth and hematology of pacu subjected to sustained swimming and fed different protein levels. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 48(6), 645-650.

OLIVEIRA, K. R. B.; SEGURA, J. G.; OLIVEIRA, B. A.; MEDEIROS, A. C. L.; ZIMBA, R. D.; VIEGAS, E. M. M. 2020. Distillers' dried grains with soluble in diets for pacu, *Piaractus mesopotamicus* juveniles: Growth performance, feed utilization, economic viability, and phosphorus release. **Animal Feed Science and Technology**, 262(2020). Doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114393.

PEIXEBR, 2021. **Anuário 2021. Peixe Brasileiro da Piscicultura**. Associação Brasileira da Piscicultura. p. 12.

PEREIRA, M. D. M., NAGATA, M. M., ENES, P., OLIVA-TELES, A., URBINATI, E. C., & TAKAHASHI, L. S. (2020). Growth performance and metabolic responses to dietary protein/carbohydrate ratios in pacu (*Piaractus mesopotamicus*) juveniles. **Aquaculture Research**, 51(12), 5203-5211.

POLAKOF, S.; MOMMSEN, T. P.; SOENGAS, J. L. Glucosensing and glucose homeostasis: from fish to mammals. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, v. 160, n. 4, p. 123-149, 2011.

RIBEIRO, F. M.; SANTOS, E. O.; DE ALMEIDA, E. M.; XAVIER, P. V. D. 2017. Alimentação e nutrição de pacu (*Piaractus mesopotamicus*): revisão de literatura. Vol. 14, Nº 01, jan./ fev. de 2017.

RIBEIRO, P. A. P.; MELO, D. C.; COSTA, L. S.; TEIXEIRA, E. A. 2012. **Manejo nutricional e alimentar de peixes de água doce**. Apostila, Escola de Veterinária/Departamento de Zootecnia–UFMG. Belo Horizonte, 92.

SAMPAIO, A. M. B. D. M., KUBITZA, F., & CYRINO, J. E. P. (2000). Relação energia: proteína na nutrição do tucunaré. **Scientia Agricola**, 57, 213-219.

SANTOS, E. L. et al. Considerações sobre o manejo nutricional e alimentar de peixes carnívoros. **Rev. Eletrôn. Nutr**, v. 11, n. 2, p. 2314-2351, 2013.

SHANG, Y.C. Partial budget analysis. In: *Aquaculture Economic Analysis: Na Introduction*. The World **Aquaculture Society**, Honolulu, v.2, p.47–49, 1990.

SIGNOR, A. A.; BOSCOLO, W. R.; FEIDEN, A.; BITTENCOURT, A. C.; REIDEL, A. Proteína e energia na alimentação de pacus criados em tanques-rede. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.11, p.2336-2341, 2010.

ŠIMKOVÁ, A., VOJTEK, L., HALAČKA, K., HYŘŠL, P., & VETEŠNÍK, L. (2015). The effect of hybridization on fish physiology, immunity and blood biochemistry: A case study in hybridizing *Cyprinus carpio* and *Carassius gibelio* (Cyprinidae). **Aquaculture**, 435, 381-389.

STECH, M. R.; CARNEIRO, D. J.; CARVALHO, M. R. B. Fatores antinutricionais e coeficientes de digestibilidade aparente da proteína de produtos de soja para o pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 32, n. 3, p. 255-262, 2010.

TRINDER, P. (1969). Determination of glucose in blood using glucose oxidase with an alternative oxygen acceptor. **Annals of clinical Biochemistry**, 6(1), 24-27.

TUNG, N.H. Orçamento parcial: caracterização. In: TUNG, N.H. **Planejamento e controle financeiro das empresas agropecuárias**. São Paulo: Edições. Universidade Empresa, 1990. p.271-278.

URBINATI, E. C., GONÇALVES, F. D., & TAKAHASHI, L. S. (2005). Pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**, 2, 205-244.

WAGNER, T.; CONGLETON, J. L., (2004). Blood chemistry correlates of nutritional condition, tissue damage, and stress in migrating juvenile chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 61, n. 7, p. 1066–1074.

WILSON, R.P. Amino acids and protein. In: HALVER, J.E. (Ed.) **Fish nutrition**. 2.ed. New York: Academic Press, 1989. p.111-151.

ZHANG, Y.; LU, R.; QIN, C.; NIE, G. Precision nutritional regulation and aquaculture. **Aquaculture Reports**, v. 18, 100496, 2020.

ZOLFAGHARI M.; IMANPOUR M. R.; NAJAFI E. 2011. Effect of photoperiod and feeding frequency on growth and feed utilization of fingerlings Persian sturgeon (*Acipenser persicus*). **Aquaculture Research**, 42, 1594–1599. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2010.02749.x> aqua