

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 29/07/2023.

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 (*Piaractus mesopotamicus*) / 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



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



Pi 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), Jesaiás (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>	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 (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 (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).

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-nylo (*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 ZOOTECNIA, 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 performance of the surubim, *Pseudoplatystoma coruscans*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 209, p. 209-219, 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. Recent 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