

UNIVERSIDADE BRASIL
PROGRAMA DE MESTRADO EM PRODUÇÃO ANIMAL
CAMPUS DESCALVADO

LÍGIA GABRIELA CORREIA

**DETERMINAÇÃO DA EXIGÊNCIA DE TRIPTOFANO EM DIETAS PARA PACUS
(*PIARACTUS MESOPOTAMICUS*)**

DETERMINATION OF TRYPTOPHAN REQUIREMENT IN PACU DIETS

Descalvado - SP

2024

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO ANIMAL

LÍGIA GABRIELA CORREIA

**DETERMINAÇÃO DA EXIGÊNCIA DE TRIPTOFANO EM DIETAS PARA PACUS
(*PIARACTUS MESOPOTAMICUS*)**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Animal da Universidade Brasil, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Produção Animal.

Prof. Dr. Prof. Dr. Cleber Fernando Menegasso
Mansano
Orientador

Descalvado - SP

2024

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da Universidade Brasil,
com os dados fornecidos pelo (a) autor (a).

C848d Correia, Lígia Gabriela.
Determinação da exigência de triptofano em dietas para pacus
(*Piaractus mesopotamicus*) / Lígia Gabriela Correia. – Fernandópolis:
Universidade Brasil, 2024.
52 f. : il. ; 29,5cm.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Animal da Universidade Brasil, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Produção Animal.
Orientador: Prof. Dr. Cleber Fernando Menegasso Mansano.

1. Triptofano. 2. Aminoácidos. 3. Modelo dose-resposta. 4. Proteína.
5. Peixes nativos. I. Título.

CDD 639.311



**UNIVERSIDADE
BRASIL**

TERMO DE APROVAÇÃO

Lígia Gabriela Correia

Determinação da exigência de triptofano em dietas para pacus.

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Programa de Pós-Graduação em Produção Animal da Universidade Brasil, pela seguinte banca examinadora:

Membros da banca:

Orientador(a): Cleber Fernando Menegasso Mansano

Membro interno: Amanda Prudêncio Lemes

Membro externo: Beatrice Ingrid Macente

Orientador(a): Cleber Fernando Menegasso Mansano

Documento assinado digitalmente
gov.br **CLEBER FERNANDO MENEGASSO MANSANO**
Data: 18/12/2024 13:35:11-0300
verifique em <https://validar.it.gov.br>

assinatura do membro

Membro interno: Amanda Prudêncio Lemes

Documento assinado digitalmente
gov.br **AMANDA PRUDÊNCIO LEMES**
Data: 18/12/2024 16:57:41-0300
verifique em <https://validar.it.gov.br>

assinatura do membro

Membro externo: Beatrice Ingrid Macente

Documento assinado digitalmente
gov.br **BEATRICE INGRID MACENTE**
Data: 18/12/2024 17:38:18-0300
verifique em <https://validar.it.gov.br>

assinatura do membro



**UNIVERSIDADE
BRASIL**

Houve alteração do título da dissertação?

Sim

Não

Descalvado, 19 de dezembro de 2024

Presidente da Banca: Cleber Fernando Menegasso Mansano



TERMO DE AUTORIZAÇÃO

Para Publicação de Dissertações e Teses no Formato Eletrônico na Página WWW do Respetivo Programa da Universidade Brasil e no Banco de Teses da CAPES

Na qualidade de titular(es) dos direitos de autor da publicação, e de acordo com a Portaria CAPES no. 13, de 15 de fevereiro de 2006, autorizo(amos) a Universidade Brasil a disponibilizar através do site <http://www.universidadebrasil.edu.br>, na página do respectivo Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu, bem como no Banco de Dissertações e Teses da CAPES, através do site <http://bancodeteses.capes.gov.br>, a versão digital do texto integral da Dissertação/Tese abaixo citada, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira.

A utilização do conteúdo deste texto, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, fica condicionada à citação da fonte.

INTITULADO: Determinação da exigência de triptofano em dietas para pacus.

Houve alteração do título da dissertação?

- Sim
 Não

Autores

Discente: Lígia Gabriela Correia

Documento assinado digitalmente
gov.br LIGIA GABRIELA CORREIA
Data: 06/01/2025 14:11:03-0300
verifique em <https://validar.br.gov.br>

assinatura do membro

Orientador(a): Cleber Fernando Menegasso Mansano

Documento assinado digitalmente
gov.br CLEBER FERNANDO MENEGASSO MANSANO
Data: 06/01/2025 13:01:43-0300
verifique em <https://validar.br.gov.br>

assinatura do membro

Dezembro, 19 de dezembro de 2024.

AGRADECIMENTOS

Quero expressar minha gratidão a Deus, pois Ele foi fundamental para que eu alcançasse mais um dos meus sonhos. Agradeço também aos meus queridos pais, Queiroz Francisco Correia e Eliana Donizete Rodrigues Gardin Correia, por todo o apoio e incentivo que me proporcionaram ao longo desse caminho.

À minha irmã, Bruna Carla, agradeço pelas experiências compartilhadas e pelos valiosos conselhos, por sempre caminhar ao meu lado em direção a este sonho. Ao meu parceiro de vida, Michel Rober, que sempre esteve presente para me encorajar. Aos meus avós, minha sincera gratidão, pois sem eles não estaria aqui hoje, especialmente ao meu avô, Sebastião Francisco Toledo, que certamente estaria extremamente orgulhoso neste momento. Agradeço pela preocupação, pelos sábios conselhos e por todo o conhecimento transmitido. Mesmo não estando mais fisicamente entre nós, deixo registrado aqui minha eterna gratidão por sempre me dar forças e incentivo para seguir em frente, mesmo nos momentos mais difíceis da jornada.

Por fim agradeço, a quem esteve presente em toda a minha jornada de graduação e pós-graduação o Prof. Dr. Cleber Fernando Menegasso Mansano, que foi amigo, pai, orientador, e me forneceu atenção e apoio em todo processo, o que me fez crescer não só como profissional mas como pessoa também, deixo aqui minha eterna gratidão.

RESUMO

O Pacu (*Piaractus mesopotamicus*) está no grupo de peixes com maior taxa de desenvolvimento na piscicultura nacional, além de produzir carne com excelente valor nutricional, sendo um dos peixes nativos mais produzido no Brasil. A alimentação é o item de maior custo na produção animal, podendo atingir até 70% conforme a espécie de cultivo, sendo a proteína (aminoácidos) o nutriente mais oneroso. Com isso, o presente trabalho objetivou analisar a utilização do triptofano pelos peixes e avaliar o efeito da adição desse aminoácido em dietas práticas. Foram utilizados 300 juvenis de tilápias com peso médio inicial de $12,15 \pm 0,15$ gramas, distribuídos em 20 caixas experimentais contendo 150 litros de água sob aeração e abastecimento contínuos, sendo alimentados duas vezes ao dia durante um período de 60 dias. Foram formulados cinco tipos de dietas com diferentes níveis de inclusão de triptofano (1,31; 1,96; 2,55; 3,15 e 3,79 g kg⁻¹). Após o término do estudo foram calculadas as variáveis de desempenho como o ganho em peso dos animais (g) e os índices de conversão alimentar (g/g), que foram respectivamente 5,53 (2,49); 6,88 (1,76); 7,42 (1,75); 8,27 (1,53) e 10,07 (1,29), para os níveis de inclusão de triptofano (1,31; 1,96; 2,55; 3,15 e 3,79 g kg⁻¹). Os melhores valores ($p < 0,05$) de ganho em peso e conversão alimentar foram encontrados, para os peixes que receberam a dieta com 2,55 g kg⁻¹. Para estimar o nível ideal de triptofano na dieta (12 a 25g), foi aplicado o modelo polinomial quadrático com base no ganho em peso, obtendo-se a seguinte equação: $y = -2,2145x^2 + 11,406x - 5,4099$; $R^2 = 0,82$. Desta forma, o melhor nível de triptofano para o máximo ganho em peso foi estimado em 2,58 g kg⁻¹. Conclui-se que o nível ótimo de triptofano digestível em dietas para juvenis de Pacus para um melhor desempenho e eficiência nutricional foi determinado em 2,58 g kg⁻¹ MS (0,92% da proteína dietética) com base na análise de regressão quadrática para a variável de ganho em peso dos peixes.

Palavras Chaves: triptofano; aminoácidos; Modelo dose-resposta; proteína; peixes nativos.

ABSTRACT

The Pacu (*Piaractus mesopotamicus*) is one of the fish with the highest development rate in national fish farming, in addition to producing meat with excellent nutritional value, being one of the most produced native fish in Brazil. Feed is the most expensive item in animal production, reaching up to 70% depending on the species of farming, with protein (amino acids) being the most expensive nutrient. Therefore, this study aimed to analyze the use of tryptophan by fish and evaluate the effect of adding this amino acid to practical diets. Three hundred juvenile tilapia with an initial average weight of 12.15 ± 0.15 grams were used, distributed in 20 experimental boxes containing 150 liters of water under continuous aeration and supply, and fed twice a day for a period of 60 days. Five types of diets with different levels of tryptophan inclusion (1.31; 1.96; 2.55; 3.15 and 3.79 g kg⁻¹) were formulated. After the end of the study, the performance variables such as weight gain (g) and feed conversion rates (g/g) were calculated, which were respectively 5.53 (2.49); 6.88 (1.76); 7.42 (1.75); 8.27 (1.53) and 10.07 (1.29), for the tryptophan inclusion levels (1.31; 1.96; 2.55; 3.15 and 3.79 g kg⁻¹). The best values ($p < 0.05$) of weight gain and feed conversion were found for the fish that received the diet with 2.55 g kg⁻¹. To estimate the ideal tryptophan level in the diet (12 to 25 g), the quadratic polynomial model was applied based on weight gain, obtaining the following equation: $y = -2.2145x^2 + 11.406x - 5.4099$; $R^2 = 0.82$, thus, the best tryptophan level for maximum weight gain was estimated at 2.58 g kg⁻¹. It is concluded that the optimal level of digestible tryptophan in diets for Pacus juveniles for better performance and nutritional efficiency was determined at 2.58 g kg⁻¹ DM (0.92% of dietary protein) based on quadratic regression analysis for the fish weight gain variable.

Key words: tryptophan; amino acids; dose-response model; protein; native fish.

DIVULGAÇÃO E TRANSFERÊNCIA DE CONHECIMENTO

Com a utilização da técnica de determinação da exigência de aminoácidos, os resultados destes estudos fornecerão um embasamento científico e técnico para o estabelecimento de uma dieta mais adequada, aumentando sua assimilação e conseqüentemente, diminuindo a produção de resíduo e o impacto ambiental. O fornecimento de dietas balanceadas em aminoácidos desempenha importante papel no crescimento dos peixes, e a deficiência ou o excesso de determinados aminoácidos tem mostrado limitar o crescimento e reduzir eficiência alimentar, como demonstrado pelos juvenis de Pacus alimentados com diferentes níveis de L-triptofano na dieta deste estudo. Nele verificou que, o melhor nível de triptofano digestível para o maior ganho em peso, foi alcançado em peixes alimentados com 2,58 g kg⁻¹. A dieta que apresentou o menor nível de triptofano (1,31 g kg⁻¹) resultou em menores valores médios de desempenho e eficiência nutricional. Assim como peixes também tiveram o crescimento comprometido mediante o fornecimento de dietas contendo excesso de triptofano (> 3,79 g kg⁻¹). A partir do fornecimento de 2,55 g kg⁻¹ de triptofano na dieta, não foram observados benefícios adicionais nas variáveis de ganho em peso, conversão alimentar dos peixes e eficiência de retenção de proteína.

*“Tudo que um sonho precisa
para ser realizado é alguém
que acredite que ele possa
ser realizado...”*

(Roberto Shinyashiki)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVO	16
3 REVISÃO DE LITERATURA	17
4 MATERIAL E MÉTODOS	22
4.1 MATERIAL BIOLÓGICO E INSTALAÇÕES	22
4.2 DIETAS EXPERIMENTAIS	22
4.3 MANEJO E ANÁLISES LABORATORIAIS	24
4.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISES ESTATÍSTICAS	26
5 RESULTADOS	28
6 DISCUSSÃO	32
7 CONCLUSÃO	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

1 INTRODUÇÃO

A alimentação é o item de maior custo na produção animal, podendo atingir até 70% dos gastos conforme a espécie de cultivo de peixe em cativeiro (EMBRAPA, 2015). A proteína corresponde ao nutriente mais oneroso (MEDEIROS e MARINO, 2015), apresentando como o componente de mais alto custo nas rações para peixes, com fundamental importância na digestibilidade de aminoácidos para o reparo e crescimento do tecido. Sua exigência pode variar, em virtude de fatores como a idade e tamanho do animal e a temperatura da água (FERNANDES, 2021).

Sabe-se ainda que os peixes não possuem necessidade nutricional específica de proteína, mas de um adequado balanceamento entre aminoácidos essenciais que devem ser incluídos nas dietas e os não-essenciais que são sintetizados suficientemente pelo organismo (BATISTA, 2023). Ambos são necessários para a constituição da cadeia polipeptídica, uma vez que, as células precisam dos aminoácidos para a síntese de polipeptídeos (FURUYA, 2010).

Os aminoácidos não apresentam apenas papel na composição e síntese de proteínas, mas também são importantes para o controle e manutenção das principais vias metabólicas que regulam, tais quais: a manutenção, crescimento, reprodução, respostas imunes, comportamento, estresse e osmorregulação (BAQIR; ZEBOON; AL-BEHADILI, 2019). Nesse sentido, é importante evidenciar que peixes são incapazes de sintetizar alguns aminoácidos como a lisina, metionina, arginina, fenilalanina, histidina, isoleucina, leucina, treonina, triptofano e valina, sendo que esses devem ser adquiridos através da ingestão de proteínas ou misturas exógenas de aminoácidos para a obtenção do atendimento às suas exigências nutricionais (NRC, 2011).

O cultivo intensivo de peixes requer a utilização de uma alimentação balanceada, formulada com os mais diversos ingredientes e processos de elaboração, para que haja um melhor aproveitamento das dietas. Esta deve atender às exigências nutricionais pois o desbalanceamento afeta negativamente o aproveitamento dos nutrientes (CAVALCANTI, 2015).

Estudos de exigências nutricionais em peixes são comumente analisados por resultados de crescimento, desempenho produtivo, composição corporal e eficiência nutricional. Em peixes, o tecido muscular constitui a maior parte da massa corporal representado de 40 a 60% do peso total do animal, e o conhecimento da dinâmica do

crescimento muscular, morfológico e metabólico, pode contribuir para o refinamento das informações acerca das respostas de exigências nutricionais pelos animais. A identificação destes fatores regulatórios é de particular importância para otimizar o crescimento muscular dos peixes.

Nutricionalmente, para melhorar a qualidade da dieta dos peixes primeiramente é preciso quantificar a capacidade desses animais de digerir os alimentos, o que pode ser feito por meio de estudos de digestibilidade aparente. Essas informações auxiliam na formulação de dietas que atendam às necessidades nutricionais evitando tanto a sobrecarga fisiológica quanto a ambiental (CAVALCANTI, 2015).

O nível dietético de proteína não adequado ou desbalanceado, associado ao baixo valor biológico, afeta o crescimento animal, causa prejuízos financeiros e maiores impactos ambientais pela sobrecarga de excretas do animal. Apesar de haver vários estudos sobre nutrição ainda são escassos os estudos de digestibilidade de proteínas e aminoácidos que poderiam iniciar a compreensão do aproveitamento desses nutrientes em ingredientes para Pacus. Mesmo com a quantidade insuficiente de informações científicas, as indústrias de nutrição de peixes estão utilizando, cada vez mais aminoácidos sintéticos para a suplementação em dietas comerciais com ingredientes de baixa qualidade (TANAKA, 2018).

Tudo isso torna os estudos relacionados ao aproveitamento de aminoácidos de extrema necessidade, podendo proporcionar respostas aos nutricionistas para obtenção de dietas completas que atendam às exigências nutricionais das espécies, com a suplementação de aminoácidos sintéticos e/ou pela combinação de ingredientes. O triptofano é um aminoácido dietético essencial para os peixes, atua como precursor imediato para a síntese de serotonina, um importante neurotransmissor que afeta as funções fisiológicas e comportamentais em peixes, pode promover o crescimento corporal e síntese de proteínas, além de influenciar no comportamento animal e alterações no comportamento alimentar, como a redução no consumo de ração (PIANESSO *et al.*, 2015).

Alguns estudos abordam que o triptofano na dieta pode aumentar o crescimento, modular o comportamento agressivo ou reduzir o canibalismo e o aumento do cortisol induzidos pelo estresse em diferentes espécies de peixes (KUMAR *et al.*, 2014), na alimentação demonstrou importante ação em reduzir o comportamento agressivo em peixes, reduzindo principalmente o estresse,

canibalismo e a anorexia em juvenis de garoupa (HÖGLUND *et al.*, 2007) e diminuição na produção de cortisol em truta arco-íris (LEPAGE *et al.*, 2003).

Níveis inadequados de triptofano provocam retardo no crescimento em peixes (PIANESSO *et al.*, 2015), e o mesmo é observado com a sua deficiência para perca-gigante. A utilização de proteína é comprometida quando o triptofano não está suficientemente disponível em conjunto com os demais aminoácidos essenciais para manter as funções fisiológicas normais. Desta forma, sua suplementação na dieta pode diminuir tais comportamentos e melhorar o desempenho e saúde de peixes (WEN *et al.*, 2014).

A suplementação com L-triptofano reduziu o canibalismo e anorexia induzida pelo estresse em juvenis de garoupa (HÖGLUND *et al.*, 2007). Em estudos com peixes foi verificado que a suplementação de L-triptofano pode evitar um estresse induzido pelo aumento do cortisol (BATISTA, 2023). A prolongada elevação de cortisol afeta negativamente a ingestão de alimentos, crescimento, alimentação, deposição proteica e a imunidade. A utilização de triptofano pode ser uma vantagem nutricional e estratégica para a gestão da saúde no domínio da aquicultura, para ações de transporte, manuseio e vacinação (MANSANO, 2015).

Segundo o NRC (2011) a tilápia-do-Nilo apresenta exigência de proteína em torno de 32% da dieta, e de triptofano em 1% da proteína bruta e o de energia em 3200kcal de ED (energia digestível) /kg de dieta (NRC, 2011). Já para o pacu, Abimorad e Carneiro (2007) sugeriram a utilização de uma dieta com 25% proteína digestível, 4% de gordura e 46% de carboidratos para o melhor crescimento, uma vez que trata-se de uma espécie de clima tropical com tendência alimentar de frugívoro e/ou herbívoro, que utiliza lipídios e carboidratos de forma tão eficaz como a proteína, desde que o nível de proteína bruta não seja inferior à 25% PB. Diógenes e colaboradores (2016) em um estudo de deleção com tilápias-do-Nilo estimaram o triptofano em 1,19% da proteína bruta. No entanto, esses estudos estimaram os valores de triptofano em função da quantidade corporal do mesmo aminoácido, sendo uma relação a ser seguida e não uma exigência, tornando necessário a aplicação de estudos para determinação da exigência o mais precisamente possível de triptofano para Pacus.

2 OBJETIVO

Estabelecer a exigência nutricional do L-triptofano digestível com base no experimento de dose-resposta, por meio dos resultados obtidos do desempenho produtivo e de eficiência de retenção corporal dos nutrientes para Pacus (*Piaractus mesopotamicus*).

3 REVISÃO DE LITERATURA

O termo aquicultura, corresponde ao processo de criação de peixes, camarões, rãs e algas sendo feitas exclusivamente em cativeiros em ambiente recriado como habitat. Quando restrito a criação de peixes, designa-se piscicultura, atividade com quatro alternativas de sistemas produtivos: i) tanques-rede; j) tanque que recria condições similar a uma corredeira de peixes (SIQUEIRA, 2018). A China e os demais países Asiáticos têm a cultura milenar de produção e consumo voltada a piscicultura, se consolidando com investimentos massivos em infraestrutura e tecnologia (SIDONIO *et al.*, 2018).

Em 2020 a produção mundial da aquicultura aumentou 30% em relação ao total produzido no ano 2000, porém menor do que os 60% de aumento obtido a partir da década de 1990. O consumo de animais aquáticos, sobretudo a pesca direcionou a produção aquícola a nível recorde de 214 milhões de toneladas em 2020, devido a aplicação cada vez mais frequente das exigências nutricionais como componente importante na segurança alimentar (FAO, 2022). Em 2015 de acordo os dados divulgados pela FAO (2016), a produção total de proteínas de origem aquícolas mundial foi de 93.72 mil toneladas, o que representa 47% do total produzidas através da captura. E 105.96 mil toneladas com a participação de 53% de formas processadas com a aquicultura (SIQUEIRA, 2018).

A piscicultura é uma alternativa sustentável do ponto vista ambiental, com o acentuado processo de crescimento populacional na década de 1990, uma década após. Esta atividade no Brasil, onde a piscicultura ainda enfrentava problemas como falta de investimento e tecnologias adequada a produção. A aquicultura integrada pela piscicultura propõe recriar dentro das delimitações o habitat mais próximo possível do natural, obedecendo as peculiaridades exigidas pelas espécies. A produção de peixe em cativeiro faz parte da Iniciativa Crescimento Azul (*Blue Growth Initiative or Blue Revolution*), que propõe equilibrar e integrar princípios de sustentabilidade emergentes no social, ambiental e econômico, através do uso de recursos hídricos (FAO, 2016).

Em 2020, a produção de peixes cultivados no país foi de mais de 800 mil toneladas, o que representou um crescimento de 5,93% em relação ao ano anterior (IBGE, 2020). A tilápia foi a espécie mais cultivada, representando 62,26% da

produção nacional. Do total produzido na piscicultura em 2016, 88% foi destinado ao consumo (FAO, 2016).

No Brasil, a aquicultura apresentou a média de crescimento de quase 8% entre 2004 e 2014. Os dois estados São Paulo e Minas Gerais impulsionaram o desenvolvimento da piscicultura no Brasil na década de 1980, devido a difusão da piscicultura nas hidroelétricas, produzindo em larga escala, migrando a técnica para os demais estados (SCHULTER; FILHO, 2017). Em 2016, a distribuição da piscicultura, dos estados por produção estavam em: Rondônia 17,9%; Paraná 15%; São Paulo 9,5%, Mato Grosso, 8%; e Santa Catarina 6,8%, do total de 56% da produção nacional.

Quanto a espécie, o ranking de produção nacional em 2023 têm na primeira posição a produção de tilápias com 239,09 milhões de toneladas, seguidos do Tambaqui com 136,99 mil; Tambacu 44,95 mil; Carpa 20,34 mil; Surubim, Cachara, Pintachara com 15,86 mil; o Pacu somado com o Pirapitinga representou 13,07% da produção brasileira na criação de peixes em cativeiro (MAPA, 2023).

No Brasil, por exigir um clima tropical, o Paraná é o estado com maior aparição de Pacus, no habitat natural. Além da produção nacional, a espécie também é cultivada no Uruguai e Paraguai (PEIXEBR, 2023). Mais especificamente a predominância do Pacu como no Rio Paranaense, se origina pela interligação entre o Rio Paraná e o Rio da Prata no Uruguai, de onde teve a origem registrada (KLEIN *et al.*, 2014). Entre 2007-2009, a produção da espécie em cativeiro foi de 12,39 a 18,17 milhões de toneladas, crescimento de 47% (SIDONIO *et al.*, 2018).

Entre 2008 e 2010, o pacu contribuiu com quase 5% do total produzido na piscicultura brasileira, com o aumento de 15.190 toneladas para 21.245 toneladas (NERVIS, *et al.*, 2015). A produção acumulada do Pacu entre 2020 a 2022 foi 450 toneladas em média, este valor se manteve estagnado devido principalmente pelo impacto da pandemia do COVID-19, através da lentidão para concessão da licença de funcionamento, dificuldade na obtenção de crédito para investimento, unidades jovens foram fatores que impactaram negativamente do decréscimo da produção em relação aos anos anteriores (MAPA, 2021; MAPA, 2023).

A espécie Pacu, faz parte dos três grupos assim como a Piranha e o *Myleinae* das três bases moleculares da família *Serrasalminidae* que compõe 80 espécies e 15 diferentes gêneros. O Pacu, tem uma composição híbrida a partir da integração das

espécies *Milossoma*, *Piaractus* e *Colossoma* (HASHIMOTO et. al., 2011). A espécie tem se desenvolvido na piscicultura por ser resiliente e de fácil adaptação recriação de ambientes naturais, mantendo uma produção elevada e manejo muito flexíveis na criação em cativeiro, sem impactar na qualidade da proteína do peixe (KLEIN et. al., 2014).

A facilidade de produção na piscicultura ocorreu um rápido desenvolvimento, com consumo crescente, sendo enfoque de estudos sobre a nutrição de Pacu em cativeiro como forma de explorar a produção semi-intensiva e intensiva nas fazendas de produção, a baixo custo com alimentação suplementada. Assim como a integração entre a produção intensiva com a redução da alimentação na dieta do Pacu, e a introdução de suplementação sem perder a qualidade mantendo a mesma produtividade, representa um grande desafio na piscicultura. (NERVIS, et. al., 2015).

Para o rápido crescimento sem impacto negativo na reprodução, muitas pesquisas são direcionadas a entender a correlação das proteínas e o desenvolvimento do sistema digestivo onívoro desta espécie. Desta forma, Boaratti (2018) traz que conceito de que a proteína ideal na nutrição do peixe em conjunto em um conjunto de aminoácidos digeríveis facilmente pelo metabolismo em quantidades e proporções adequadas, se converte na adequação da exigência do peixe sob máxima eficiência influenciando positivamente do crescimento e na retenção de nitrogênio. A importância da adequação da quantidade de enzimas digestivas em junção com o mecanismo metabólico se associação e ajudam na compreensão sobre os efeitos causados pelos nutrientes na alimentação dos peixes e na adaptação sobre a digestão dos alimentos (PIANESSO et al., 2015).

Deve ser levado em conta compreender o quanto a proteína influencia na dieta do sistema biológico do Pacu, além do equilíbrio sobre o entendimento do valor que as proteínas exercem, considerando os aminoácidos que são essenciais e os não essenciais, com o intuito de adequar a nutrição da alimentação na produção em cativeiro (PIANESSO et al., 2015). De acordo com Bicudo (2008) em avaliação sobre a digestibilidade, considerando 13 proteínas com a base nos ingredientes: farinha de peixe, farinha de sangue, farinha de penas, farelo de soja, farelo de algodão, farinha de carne e osso, soja tostada, soja crua, levedura, farelo de arroz e milho, farinha de vísceras e farelo de trigo, adicionadas na alimentação do Pacu, somente as farinhas de sangue, penas, e levedura apresentaram um coeficiente de digestibilidade abaixo

de 80% para a proteína bruta, com o resultado de $(57,72 \pm 7,14\%)$, $(75,73 \pm 11,33\%)$ e $(68,86 \pm 14,68\%)$, respectivamente. Estudos recentes apontam a necessidade de se adequar os níveis de lipídio, vitaminas, carboidratos, proteínas e minerais para impulsionar um crescimento rápido, economicamente atrativo de forma sustentáveis com menos impacto ambiental (NERVIS et al., 2015).

Como parte importante no processo digestivo, o triptofano é um aminoácido que requer uma variação em relação a proteína entre 0,3 e 1,3%, para que a digestão seja transformada em sensação de bem-estar, o que ameniza o estresse na criação em cativeiro. Entretanto, o Triptofano reage de acordo ao tipo do aminoácido adicionado a dieta, podendo desencadear diferentes efeitos colaterais (WEI, et. al., 2023). Em alguns casos, é feito a introdução do triptofano na forma pura em conjunto com o aumento diário da alimentação, para que haja o aumento mais acentuado na concentração plasmática de serotonina (FERNSTROM , 2015), o que impacta diretamente na redução da concentração plasmática do cortisol em pós-estresse e atividade serotoninérgica aumentada (HERRERA, et. al., 2019).

Os impactos da falta de uma nutrição adequada ou de nutrientes essenciais ou ainda situação de estresse podem desencadear degradação na proteína muscular. O que impacta diretamente na qualidade e no desenvolvimento do Pacu (SALOMÃO et al., 2019). Considerando que a sua nutrição requer qualidades nas fontes proteica, facilitado por ser de origem onívora, possui uma maior variedade de alimentação, podendo ser de origem animal ou vegetal (RODRIGUES, 2019). A baixa relação entre proteína e energia na dieta do Pacu interfere na utilização da proteína, tendo como resultado a diminuição do desenvolvimento do peixe em decorrência a diminuição da taxa de crescimento (MEDEIROS e MARINO, 2015).

Em geral algumas proteínas exercem o papel de catalisadoras desempenhando a função de transportar e acomodar moléculas, que influenciam nas funções do sistema imunológico, sob influência da mecânica responsável pelo desenvolvimento do peixe (KLEIN et al., 2014). Além de possuir uma importante função no equilíbrio entre a síntese e a degradação proteica, responsável pelo crescimento e manutenção do fenótipo muscular (SALOMÃO et al., 2019). Em geral, Bicudo (2008) avalia que para obter um bom desempenho produtivo do Pacu é necessário compor a alimentação entre 26% e 37% de proteína no estado bruto (PB) de acordo ao tamanho do peixe em função do tipo proteico e nível de energia da dieta. O triptofano demonstrou

ser necessários na composição da dieta nutricional variando de acordo a espécie, de 3 a 13 g kg⁻¹ em dietas comerciais secas (WEI, et al., 2023).

A resposta positiva produzida pelo correto balanceamento do triptofano em dietas práticas, é explicada por ser um transportador aromático de aminoácido quando sintetizado no intestino e no cérebro possui efeitos dietéticos, não impactando mesmo quando o peixe é exposto a cenário de estresse, canibalismo ou agressão por parte de outros peixes. O triptofano auxilia no desenvolvimento, e melhora na composição corporal do peixe, além da modulação do crescimento em estado imunometabólico no aumento de peso (WEI et al., 2023; SAHU et al., 2020). Ainda há conversão do triptofano em serotonina e melatonina, antioxidante e neurotransmissor respectivamente. A serotonina é responsável por controlar a agressividade e o canibalismo entre os peixes, onde a falta de suplementação adequada do triptofano afeta não só comportamento, mas também um maior conforto e ganho de peso, imunidade, retenção de nitrogênio e consumo (BOARATTI, 2018; BOMFIM et al., 2020). O triptofano é um precursor da serotonina (por apresentar 5 neurotransmissores hidroxitriptamina) além da niacina ou vitamina B3. O aminoácido também está entre os responsáveis em estimular tanto a insulina quanto o hormônio de crescimento nos peixes (BOMFIM et al., 2020).

Desta forma, as informações geradas por este estudo subsidiarão a formulação de rações precisas. Na esfera produtiva, a exigência nutricional deve ser determinada o mais precisamente possível, contribuindo para uma nutrição racional e menos onerosa, que poderá diminuir custos e favorecer margens para expansão e modernização do setor. Para pesquisadores, complementar as informações existentes nas publicações de Furuya (2010), que possibilitará num futuro próximo a formulação de rações precisas, tão necessárias nos estudos de nutrição proteica-aminoacídica.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido no Laboratório de Aquicultura Sustentável do Centro Zootécnico da Universidade Brasil, Campus de Fernandópolis/SP. Todos os procedimentos foram avaliados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA), da Universidade Brasil (Protocolo N° 2200021), os mesmos foram conduzidos de acordo com os princípios éticos na experimentação animal, adotado pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA).

4.1 MATERIAL BIOLÓGICO E INSTALAÇÕES

Foram utilizados 300 juvenis de Pacus com peso médio inicial de 12 gramas, distribuídos em 20 caixas experimentais contendo 150 litros de água sob aeração e abastecimento contínuos. As caixas foram abastecidas continuamente por água proveniente de poço artesiano, com taxa de renovação de aproximadamente 3,5 vezes ao dia. A água utilizada foi proveniente de poço artesiano, com fluxo contínuo e com temperatura em torno de 28°C. Diariamente, as caixas foram limpas por sifonamento retirando-se detritos acumulados no fundo.

O monitoramento da qualidade da água foi realizado diariamente, avaliando-se a temperatura ($25,1 \pm 0,6$), durante os 60 dias de tratamento e semanalmente foram avaliados potencial hidrogeniônico (pH) ($7,8 \pm 0,2$), concentração de oxigênio ($7,1 \pm 1,5$ mg/l), nitrito ($0,04 \pm 0,05$ mg/l), nitrato ($0,06 \pm 0,05$ mg/l) e amônia ($0,1 \pm 0,01$ mg/l) da água por meio do Fotômetro Multiparâmetro para Aquicultura “HI83303-01” respectivamente. Os valores encontrados para a qualidade de água ficaram dentro das condições ideais para cultivo de Pacus (*Piaractus* spp.), como sugerido por Kubitza (2017) e Sipaúba Tavares e Santeiro (2013).

4.2 DIETAS EXPERIMENTAIS

Para formulação das dietas foram utilizados os dados de proteína, extrato etéreo e aminoácidos digestíveis obtidos em estudo anteriores de Abimorad e colaboradores (2008) e Furuya (2010) (Tabela 1).

Tabela 1 - Ingredientes e formulação das dietas suplementadas com L-triptofano

Ingredientes (g kg ⁻¹)	Níveis de triptofano digestível (g kg ⁻¹)				
	1,31	1,96	2,55	3,15	3,79
Milho, grão	366,95	366,95	366,95	366,95	366,95
Farinha de peixe	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00
Glúten de milho	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00
Quirera de arroz	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Farinha de carne e ossos	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00
Farelo de trigo	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00
Óleo de soja	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
L-Lisina HCL 79%	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
DL-Metionina	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
L-Treonina	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
L-Fenilalanina	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
L-Triptofano ¹	0,00	0,60	1,20	1,80	2,40
Ácido glutâmico	2,40	1,80	1,20	0,60	0,00
Antifúngico	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
BHT	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Sup.Min.e Vit ²	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00

¹ L-Triptofano (98% de pureza, Ajinomoto do Brasil Indústria e Comércio de Alimentos Ltda).

² Suplemento vitamínico e mineral (g kg⁻¹): Umidade (%) 2,0, Cinzas (%) 71,6442, Colina (mg/kg) 30.000, Magnésio (%) 0,0085, Enxofre (%) 1,1589, Ferro (mg/kg) 25.714, Cobre (mg/kg) 1.960, Manganês (mg/kg) 13.345, Zinco (mg/kg) 30.000, Iodo (mg/kg) 939, Selênio (mg/kg) 30, Vitamina A (UI/kg) 600.000, Vitamina D3 (UI/kg) 600.000, Vitamina E (mg/kg) 12.000, Vitamina K3 (mg/kg) 631, Tiamina B1 (mg/kg) 1.176, Riboflavina B2 (mg/kg) 1.536, Piridoxina B6 (mg/kg) 1.274, Vitamina B12 (mcg/kg) 4.000, Niacina (mg/kg) 19.800, Ácido Pantotênico B3 (mg/kg) 3.920, Ácido Fólico (mg/kg) 192, Biotina (mg/kg) 20, Vitamina C (mg/kg) 40.250.

A composição química dos ingredientes foi previamente analisada por espectroscopia no infravermelho próximo (NIRS) (Grupo MCassab, São Paulo, São Paulo, Brasil). Os ingredientes foram incluídos no balanceamento da dieta basal para atender à exigência de proteína, extrato etéreo e aminoácidos digestíveis estimada por Furuya (2010). Para a estimativa da exigência de triptofano digestível foi formulada uma dieta basal isoproteica e isocalórica (Tabela 1) e suplementada com quatro níveis de L-triptofano (98% de pureza, Ajinomoto do Brasil Indústria e Comércio de Alimentos Ltda), resultando nos níveis de inclusão de 0,00 g kg⁻¹ ; 1,31 g kg⁻¹; 1,96 g kg⁻¹; 2,55 g kg⁻¹; 3,15 g kg⁻¹, e 3,79 g kg⁻¹ (Tabelas 1 e 2). Para manter as dietas isoproteicas mediante ao aumento gradativo de L-triptofano, ocorreu proporcionalmente a redução de L-ácido glutâmico. As relações dos outros aminoácidos foram mantidas de acordo com o perfil aminoácídico estipulado por Furuya (2010) para Pacus.

Os ingredientes foram moídos e homogeneizados em misturador horizontal. As dietas foram extrusadas com granulometria de 1,5 a 2 mm, por meio de uma extrusora de dupla rosca (Ferraz[®], Model E-6) no Instituto de Pesca de São José do Rio Preto, São Paulo, Brasil. A temperatura durante o processo foi mantida entre 110 e 120 °C. Após a extrusão, a ração foi seca a 105 °C por 30 min. Após o processamento das dietas, estas foram analisadas para determinação da composição bromatológica.

4.3 MANEJO E ANÁLISES LABORATORIAIS

Para a alimentação dos peixes, as dietas foram fornecidas *ad libitum* três vezes ao dia (8h00min; 12h00min e 18h00min); o alimento foi fornecido de acordo com a saciedade dos peixes de forma de evitar sobras no fundo das caixas.

Os animais foram pesados em balança de precisão (0,01g) no início do período experimental e ao final com 60 dias, para obtenção dos parâmetros de desempenho (ganho em peso, consumo de ração, conversão alimentar aparente, taxa de crescimento específico, taxa de eficiência proteica), deposição de nutrientes (proteína bruta, gordura, minerais e triptofano) e eficiência de retenção de proteína.

$$\text{Ganho de peso vivo (g)} = \text{peso final} - \text{peso inicial}$$

$$\text{Conversão alimentar aparente (g/g)} = \frac{\text{consumo de alimento}}{\text{ganho de peso vivo}}$$

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

$$\text{Taxa de crescimento específico (\%/dia)} = \frac{\ln(\text{peso final}) - \ln(\text{peso inicial})}{\text{tempo (dias)}}$$

$$\text{Deposição de nutrientes (g)} = \frac{\text{Ganho de peso vivo} \times \text{teor do nutriente no corpo}}{100}$$

$$\text{Eficiência de retenção de proteína bruta(\%)} = \frac{((PB_F \times P_F) - (PB_I \times P_I)) \times 100}{C_{PB}}$$

Onde: PB_F = proteína bruta final no corpo; PB_I = proteína bruta inicial no corpo; CPB = média de consumo de proteína bruta da parcela; P_i , P_f = peso vivo médio inicial e final da parcela.

Inicialmente, uma amostra de 20 animais representando todo o lote e ao final do período experimental, três peixes de cada caixa, foram amostrados

depois de submetidos ao jejum de 48 horas. Os animais, foram insensibilizados

por aprofundamento do plano anestésico com Benzocaína (ethyl-p-aminobenzoato) (200 mg/litro). Em seguida, congelados, para posterior moagem em moinho de carne, liofilizados, moídos novamente em moinho de bola, e então encaminhados para determinação da matéria seca e proteína bruta.

As amostras de matéria seca foram enviadas a um laboratório para que a proteína bruta fosse determinada pelo método de combustão (Dumas) no aparelho LECO FP-528 Nitrogen/Protein Determinator LECO, Modelo 601–500-100, St. Joseph, MI, EUA (método 992.15; AOAC, 2016); energia bruta determinada por calorímetro de bomba (calorímetro de bomba IKA, modelo C200, Staufen, Alemanha); gordura pelo método de hidrólise ácida (método 948.15; AOAC 2016); a matéria mineral foi determinada em mufla (Criativa, Modelo NI 1384, Americana, São Paulo, Brasil) a 550 °C por incineração (método 930.30; AOAC, 2016) e determinação de umidade utilizando a técnica de perda ao secar alimentos em forno de ar (Método 930.15; AOAC 2016). Amostras das dietas foram analisadas para aminoácidos utilizando a cromatografia líquida em colunas de resina de troca catiônica e derivação pós-coluna com ninidrina e um auto-analisador, ou Hidrólise ácida e cromatografia de troca iônica (Cromatografia Líquida de Alta Eficiência - CLAE) (Grupo MCassab, São Paulo, São Paulo, Brasil). Previamente, as amostras foram hidrolisadas com HCl 6N por 22 h a 110 °C, segundo Moore & Stein (1963). O triptofano foi determinado após hidrólise enzimática com Pronase a 40 °C por 24 h, seguido de reação colorimétrica com 4-dimetil-amino-benzaldeído em ácido sulfúrico 21,2 N e analisado a 590 nm em espectrofotômetro (Grupo MCassab, São Paulo, São Paulo, Brasil). O teor de triptofano foi calculado de acordo com Spies (1967). As composições nutricionais analisadas das dietas estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Composição nutricional das dietas utilizadas para os Pacus durante o período experimental (base matéria seca, g kg⁻¹)

Composição (g kg ⁻¹) ¹	Níveis de triptofano digestível (g kg ⁻¹)				
	1,31	1,96	2,55	3,15	3,79
Proteína bruta ²	279,6	278,3	279,3	279,7	279,5
Proteína digestível	237,8	234,1	234,9	234,7	234,9
Energia digestível (MJ/kg) ³	3,335	3,335	3,335	3,335	3,335
Extrato etéreo bruto ⁴	59,81	59,79	59,85	59,99	59,90
Extrato não nitrogenado ⁵	449,72	448,89	449,95	448,99	448,97
Fibra bruta ^{6 7}	47,55	47,53	47,57	47,59	47,50
Cálcio total ⁷	20,60	20,49	20,65	20,58	20,59
Fósforo disponível ⁷	11,46	11,44	11,52	11,47	11,48
AMINOÁCIDOs Digestíveis (g Kg ⁻¹) ^{1 8 9}					
Arginina	12,83	12,84	12,72	12,99	12,93
Histidina	4,95	4,89	4,95	4,90	4,99
Isoleucina	7,48	7,51	7,45	7,46	7,42
Leucina	22,54	22,61	22,64	22,58	22,57
Lisina	13,83	13,76	13,82	13,77	13,85
Metionina	5,64	5,67	5,61	5,59	5,62
Fenilalanina	11,72	11,69	11,67	11,73	11,68
Treonina	10,01	10,11	10,06	10,14	10,18
Triptofano	1,31	1,96	2,55	3,15	3,79
Valina	9,67	9,69	9,64	9,65	9,63

¹ Nutrientes e energia digestíveis de acordo com as Tabelas Brasileiras de Nutrição de Tilápias (FURUYA, 2010).

² Método de Dumas em aparelho Leco 528 LC (ETHERIDGE et al., 1998).

³ Determinado em bomba calorimétrica.

⁴ Hidrólise ácida (AOAC Int., 2016).

⁵ Extrativo Não Nitrogenado= MS – (PB+EE+MM+FB).

⁶ Calculated as crude fiber.

⁷ Valores calculados a partir da composição química dos ingredientes disponibilizados em Rostagno et al. (2017) e Furuya (2010).

⁸ EAMINOÁCIDOs: essential amino acids

⁹ Hidrólise ácida e cromatografia de troca iônica (HPLC). Values determined at Grupo MCassab, São Paulo, Brasil.

4.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISES ESTATÍSTICAS

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso, com sete tratamentos. Para avaliar o crescimento em peso, cada animal foi considerado uma

repetição, para avaliar os outros parâmetros de desempenho e deposição de nutrientes cada caixa foi uma repetição, num total de quatro para cada tratamento. A determinação dos melhores valores para os parâmetros de crescimento e índices zootécnicos em função do nível mínimo necessário de triptofano, foram realizadas por meio do modelo que melhor se ajustar ao conjunto de dados coletados (Modelo LRP - Linear Response Plateau; Modelo quadrático; Modelo segmentado) utilizando o software SAS (SAS instituto, 2014).

Os modelos foram submetidos à análise de resíduos conforme descrito por St-Pierre (2003). Os resíduos (observado – predito) foram regredidos em função dos valores previstos de acordo com o seguinte modelo:

$$e_i = b_0 + b_1 (P_i - \bar{P}_m) + \check{e}_i$$

Em que e_i é o valor residual para toda observação i ; b_0 , b_1 são as estimativas dos parâmetros; P_i é o valor previsto para todo i ; \bar{P}_m é valor médio para de todos os valores previstos; \check{e}_i é o erro da regressão dos resíduos sobre os valores previstos. A regra de decisão baseia-se no pressuposto que: o modelo para ser imparcial a correlação aproxima-se de 1, quando R^2_{adjust} aproxima-se de 0, ou seja, os resíduos não estão correlacionados com as previsões, e a inclinação (b_1) do e_i em função de GP_i é zero se o modelo é imparcial. O modelo que gerar maior aproximação será utilizado para a determinação da exigência de triptofano.

5 RESULTADOS

Não foi observada mortalidade e sinais clínicos de enfermidades durante o período experimental de 60 dias. Os resultados de desempenho e conversão alimentar de juvenis de tilápia-do-Nilo alimentadas com dietas suplementadas com L-triptofano estão apresentados na Tabela 3. As variáveis analisadas de ganho em peso, conversão alimentar aparente e taxa de crescimento específico foram influenciadas pelo nível de 1,31 de Triptofano na dieta ($P < 0,05$).

Tabela 3 - Desempenho zootécnico de Pacus alimentados com dietas experimentais com níveis crescentes de triptofano por 60 dias

Níveis de Triptofano (kg ⁻¹)	Peso Inicial (g)	Peso final (g)	Ganho em Peso (g)	Conversão Alimentar (g/g)	TCE (%)	TEP (g/g)
1,31	12,22±0,13	17,72±1,01 ^d	5,53±1,02	2,49±0,58 ^c	2,84±0,06 ^d	1,48±0,18 ^d
1,96	12,10±0,12	20,39±0,48 ^b	8,27±0,58	1,53±0,12 ^{ab}	2,98±0,02 ^b	2,35±0,11 ^b
2,55	12,13±0,19	22,14±0,43 ^a	10,07±0,34	1,29±0,05 ^a	3,07±0,02 ^a	2,77±0,0a ⁶
3,15	12,17±0,21	19,60±0,33 ^{bc}	7,42±0,47	1,75±0,11 ^b	2,94±0,01 ^{bc}	2,06±0,07 ^c
3,79	12,14±0,08	19,02±0,52 ^c	6,88±0,42	1,76±0,16 ^b	2,91±0,03 ^c	2,05±0,11 ^c
Valor P	0,823	0,001	0,001	0,003	0,001	0,001

Médias ± Desvio Padrão (n = 4). Amostras (n = 15 peixes por repetição).

Abreviações: TCE, Taxa de Crescimento Específico; TEP, taxa de eficiência proteica.

Fonte: Autoria própria.

A deficiência de Triptofano (1,31 g kg⁻¹) na dieta levou aos menores valores médios das variáveis analisadas de desempenho e eficiência nutricional (Tabela 3). Os peixes tiveram o crescimento comprometido mediante o fornecimento de dietas contendo excesso de Triptofano (> 3,79 g kg⁻¹). A partir do fornecimento de 2,55 kg⁻¹ do aminoácido na dieta, não foram observados benefícios adicionais nas variáveis de ganho em peso, conversão alimentar dos peixes e eficiência de retenção de proteína (Tabela 3 e 4).

Tabela 4. Composição centesimal de corpo inteiro de Pacus alimentados por 60 dias com dietas experimentais (matéria seca) e eficiência de retenção de proteína

Tratamento (kg ⁻¹)	Água (%)	Matéria Mineral (%)	Gordura (%)	Proteína (%)	ER _{PB} (%)
1,31	77,53±0,62	2,60±0,21	9,23±0,18 ^a	10,64±0,09 ^c	48,55±4,20 ^d
1,96	77,63±0,54	2,66±0,19	8,29±0,25 ^b	11,42±0,25 ^b	71,83±3,28 ^b
2,55	76,20±0,50	2,60±0,15	8,20±0,15 ^b	12,99±0,11 ^a	77,41±3,01 ^a
3,15	76,88±0,47	2,83±0,21	8,58±0,19 ^b	11,71±0,20 ^b	69,95±3,32 ^b
3,79	77,55±0,48	2,62±0,17	8,56±0,22 ^b	11,27±0,13 ^b	60,68±2,59 ^c
<i>Valor P</i>	<i>0,391</i>	<i>0,250</i>	<i>0,022</i>	<i>0,001</i>	<i>0,001</i>

Médias ± Desvio Padrão (n = 4). Amostras (n = 15 peixes por repetição).

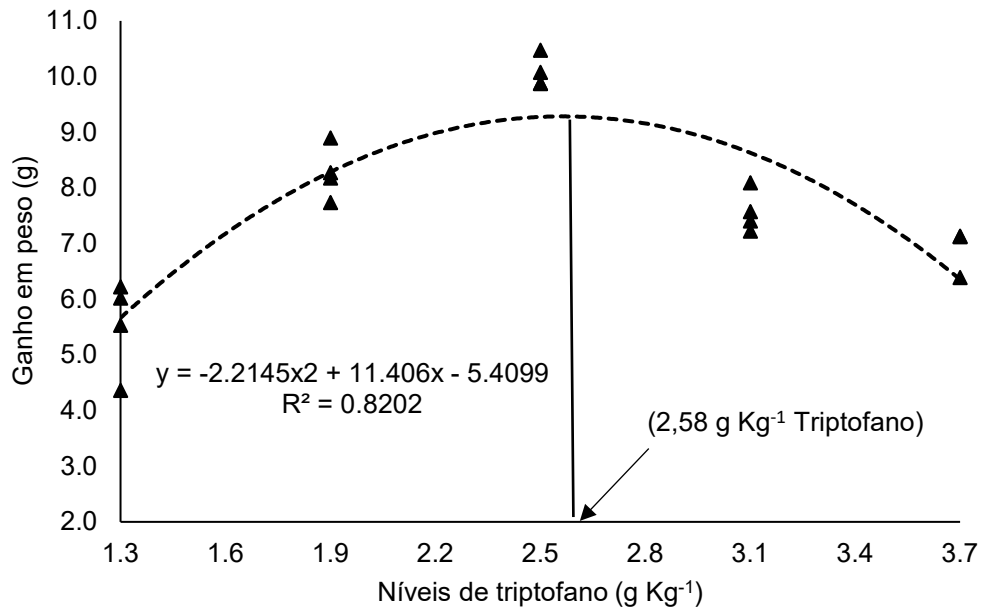
Abreviações: ER_{PB}, eficiência de retenção de proteína bruta.

Fonte: Autoria própria.

Ao estimar o nível ótimo de L-Triptofano para a espécie, foi encontrado efeito quadrático para as variáveis selecionadas de ganho em peso (GP) e eficiência de retenção de proteína bruta (ER_{PB}). No entanto, para os modelos Linear Response *Plateau* (LRP) e *broken-line* quadrático (BLq) não foi possível encontrar um ajuste adequado para estabelecimento do ponto ideal, devido ao comportamento dos dados encontrados apresentarem um comportamento quadrático, uma tendência não-linear.

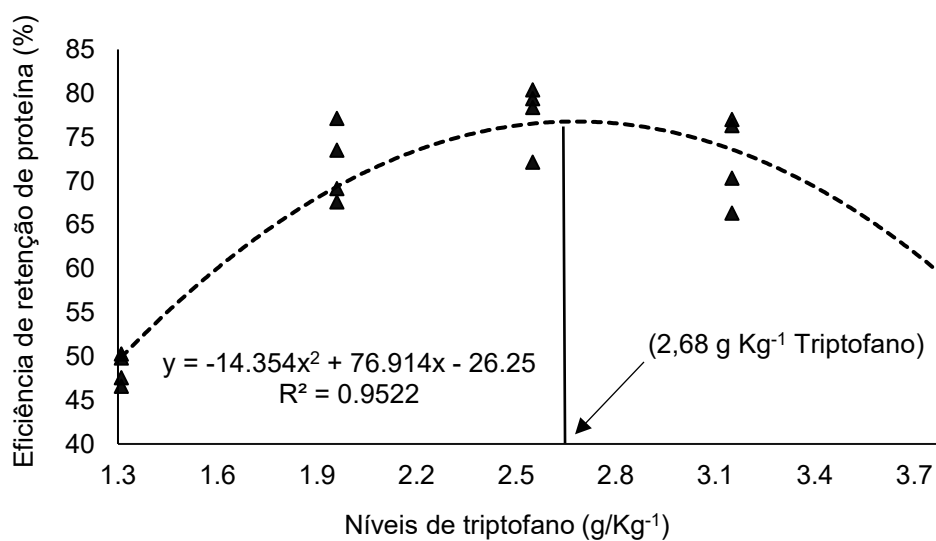
Os níveis ótimos para as variáveis de ganho em peso e eficiência de retenção de proteína foram estimados em 2,58 e 2,68 g kg⁻¹ de L-Triptofano respectivamente, pelo modelo de regressão quadrático (Figuras 1 e 2). Os dados médios da variável selecionada ao ganho em peso apresentaram melhor ajuste à regressão quadrática, os outros modelos não apresentaram correlação para o conjunto de dados encontrados para ganho em peso. O nível de 2,68 g kg⁻¹ de Triptofano para melhor eficiência de retenção de proteína bruta apresentou recomendação similar (Figura 2). Desta forma, com base na análise de regressão polinomial de segundo grau para a variável de ganho em peso contra os níveis de Triptofano na dieta (Figura 1), o nível ótimo de Triptofano digestível na dieta para a espécie foi estimado em 2,58 g kg⁻¹ da matéria seca, correspondente a 0,92% da proteína dietética.

Figura 1 - Relação entre o ganho em peso (g) e os níveis Triptofano (g kg^{-1}) com base na equação quadrática, onde $2,68 \text{ g kg}^{-1}$ de Triptofano representa o nível ideal para o melhor ganho em peso



Fonte: Autoria própria.

Figura 2 - Relação entre a eficiência de retenção de proteína (%) e os níveis Triptofano (g kg^{-1}) com base na equação quadrática, onde $2,68 \text{ g kg}^{-1}$ de Triptofano representa o nível ideal para a melhor eficiência de retenção de proteína.



Fonte: Autoria própria.

Os valores médios de água, matéria mineral, extrato etéreo e proteína bruta analisados no corpo inteiro de Pacus alimentados com diferentes níveis de Triptofano digestível estão apresentados na Tabela 04. Os peixes alimentados com a dieta deficiente em Triptofano ($1,31 \text{ g kg}^{-1}$) apresentaram maior concentração no corpo de gordura ($9,23 \pm 0.18\%$) e menor quantidade de proteína ($10,64 \pm 0.09\%$). Corroborando com a quantidade de proteína corporal, para o tratamento com menor quantidade de Triptofano, também foi observado a menor ER_{PB} ($P < 0,05$). Por outro lado, o tratamento com $2,55 \text{ g kg}^{-1}$ apresentou a maior quantidade de proteína corporal ($P < 0,05$), assim como também o maior ganho em peso e melhor eficiência de retenção de proteína.

6 DISCUSSÃO

O fornecimento de dietas balanceadas em aminoácidos desempenha importante papel no crescimento dos peixes, com a deficiência ou o excesso de determinados aminoácidos tem mostrado limitar o crescimento e reduzir eficiência alimentar (NRC, 2011; AHMED *et al.*, 2024; XIAO *et al.*, 2023), como demonstrado pelos juvenis de Pacus alimentados com diferentes níveis de L-Triptofano na dieta. Neste estudo, o melhor nível de Triptofano digestível para o maior ganho em peso foi alcançado em peixes alimentados com 2,58 g kg⁻¹, o que parece aumentar a síntese proteica e o crescimento dos peixes, o que também foi constatado com a melhor conversão alimentar. O melhor desempenho de crescimento pode ser atribuído a maior disponibilidade de aminoácidos devido ao atendimento da exigência do aminoácido, assim como foi mencionado por outros estudos com o resultado do aumento da retenção de aminoácidos da dieta no músculo de tilápias (MOLINARI *et al.*, 2021; ZHANG *et al.*, 2023).

A suplementação com aminoácidos em dietas deficientes tem demonstrado ser eficiente para melhorar o desempenho de tilápias (NGUYEN *et al.*, 2019; ZAMINHAN *et al.*, 2017; PRABU *et al.*, 2020), African catfish, hybrid striped bass, rohu, Pacific (ABIDI; KHAN, 2010; GAYLORD *et al.*, 2005; SUN *et al.*, 2014), Carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*) (XIAO *et al.*, 2023) e juvenis de Truta arco-íris (AHMED *et al.*, 2024). O atendimento a exigência destes aminoácidos na dieta promoveu melhor desempenho, evidenciando que as espécies foram capazes de assimilar efetivamente L-Triptofano cristalino. Em geral, o nível ótimo de Triptofano dietético promoveu o crescimento muscular, o que pode estar associado ao aumento da expressão de fatores reguladores miogênicos (XIAO *et al.*, 2023). Desta forma, quando necessária, a suplementação com o aminoácido sintético pode ser eficiente e permite otimizar a utilização da fração proteica para Pacus e outras espécies de teleósteos (EBENEEZAR *et al.*, 2022; XIAO *et al.*, 2023). A suplementação deste aminoácido em níveis adequados também pode neutralizar o dano oxidativo e reverter os efeitos negativos causados por dietas contendo altos teores de farelo de soja, proporcionando benefícios adicionais relacionados ao crescimento, utilização de alimentos e imunidade (ZHANG *et al.*, 2023; ZOU *et al.*, 2017).

Os ganhos em peso reduzidos observados em peixes alimentados com a dieta deficiente em Triptofano (1,31 g kg⁻¹) pode estar correlacionado com a produção de

serotonina e a sua capacidade de reduzir o consumo da dieta (JÚNIOR *et al.*, 2021). como também observado na Truta marrom (*Salmo trutta*) (HÖGLUND *et al.*, 2007), Bagre (*Heteropneustes fossilis*) (KHAN, 2012) e Carpa capim (XIAO *et al.*, 2023 e WEN *et al.*, 2014). A anorexia induzida pelo estresse pode ser, em parte, um efeito da ativação 5-HTérgica central, pois o aumento da neurotransmissão 5-HT pode inibir a ingestão de alimentos (JÚNIOR *et al.*, 2021). As informações sobre o papel regulador do apetite da 5-HT em vertebrados são escassas, mas a inclusão de Triptofano demonstrou aumentar a sinalização de 5-HT em juvenis de garoupa (*Epinephelus coioides*) e em truta arco-íris (SU *et al.*, 2003).

As dietas suplementadas com L-Triptofano podem diminuir a agressividade e o canibalismo (LEPAGE *et al.*, 2005; WINBERG *et al.*, 2001; HOGLUD *et al.*, 2007), e ainda, reduzir o estresse no bacalhau do Atlântico (*Gadus morhua*) (HOGLUND *et al.*, 2005) e Truta arco-íris (*O. mykiss*) (LEPAGE *et al.*, 2002), sugerindo que os efeitos comportamentais e endócrinos da alimentação suplementada com o aminoácido podem ser mediados por um mecanismo indireto relacionado ao aumento da atividade e liberação de 5-HTérgicos (JÚNIOR *et al.*, 2021). Alguns destes fatores são comumente encontrados na aquicultura intensiva, assim, o atendimento de 2,58 g kg⁻¹ pode atuar como estratégia para a formulação de dietas nutricionalmente mais eficientes para juvenis de Pacus e outras espécies.

A ingestão excessiva do aminoácido (acima da recomendação nutricional) resultou nas reduções do ganho em peso e conversão alimentar, sendo mostrado este efeito nos peixes alimentados com o nível de Triptofano acima da recomendação nutricional de 3,15 g kg⁻¹ obtida (Tabela 3 e Figuras 1 e 2). Este comportamento também foi evidente em outras espécies que receberam quantidade excessiva de Triptofano, pois os níveis mais altos do aminoácido levaram a redução do crescimento em *C. mrigala* (AHMED; KHAN, 2005); *L. rohita* (ABIDI; KHAN, 2010); *H. fossilis* (AHMED, 2012; FARHAT; KHAN, 2014); *L. calcarifer* (KUMAR *et al.*, 2017); *O. niloticus* (ZAMINHAN *et al.*, 2017, 2018; NGUYENA *et al.*, 2019) e *C. argus* (MIAO *et al.*, 2021); *C. carpio* var. Jian (TANG *et al.*, 2013), *Ctenopharyngodon idella* (WEN *et al.*, 2014), *Sciaenops ocellatus* (PEWITT *et al.*, 2017) e *P. vachelli*♀ × *L. longirostris*♂ (ZHAO *et al.*, 2019; SHARF *et al.*, 2023). *M. chrysops* × *M. saxatilis* (GAYLORD *et al.*, 2005); *R. quelen* (PIANESSO *et al.*, 2015); *C. catla* (ZEHRRA E KHAN, 2015) e Truta arco-íris (AHMED *et al.*, 2024). Como o Triptofano é precursor

da serotonina (ABREU, 2022), podem ocorrer mudanças comportamentais como resultado do excesso de Triptofano (FERNSTROM, 1985), incluindo a redução na ingestão de alimentos observada neste estudo. O desequilíbrio de qualquer aminoácido indispensável também pode afetar negativamente o desempenho dos peixes e colaborar com os resultados encontrados para Pacus e nos estudos supracitados.

A capacidade de digestão e absorção de nutrientes foi correlacionada com o desenvolvimento intestinal e ganho em peso (TANAKA, 2018). Níveis excessivos de Triptofano na dieta dos peixes pode reduzir a atividade das enzimas digestivas e de absorção (ZHAO *et al.*, 2019), influenciar na absorção e a utilização de outros aminoácidos ou reduzir a palatabilidade das dietas (SANTOS, 2023). As dietas com os níveis de L-Triptofano acima da recomendação nutricional podem ter influenciado na absorção e a utilização de outros aminoácidos neste estudo, e consequentemente no relativo decréscimo no crescimento dos peixes (Figuras 1 e 2).

Estudos demonstram que a atividade da lipase e amilase respondem a suplementação do aminoácido até o atendimento da recomendação nutricional, e posteriormente, ocorre o decréscimo da atividade destas enzimas (SHARF *et al.*, 2023). Resultados semelhantes foram também apresentados em bagre híbrido, *P. Vachelli* ♀ x *L. Longirostris* ♂ (ZHAO *et al.*, 2019), carpa comum (TANG *et al.*, 2013), salmão do Atlântico (MARDONES *et al.*, 2018), carpa capim (XIAO *et al.*, 2023) e Truta arco-íris (AHMED *et al.*, 2024), demonstrando que o aminoácido promove a utilização de nutrientes em níveis considerados ideais para diferentes espécies e confirmando os nossos resultados para juvenis de Pacus.

Diferentes mecanismos podem ser usados pelo animal mediante a deficiência de determinado aminoácido, como a alteração na composição corporal. A menor deposição de proteína bruta e maior deposição de lipídios corporais atrelados ao comprometimento do crescimento foram observados neste estudo pelos juvenis alimentados com a dieta contendo o menor nível de Triptofano (1.31 g kg^{-1}). Essa relação também foi observada em ensaios de dose resposta desenvolvidas com outros aminoácidos em várias espécies de teleósteos (FURUYA *et al.*, 2006; ROMANELI *et al.*, 2021; HE *et al.*, 2017; MICHELATO *et al.*, 2018; SOUZA *et al.*, 2019; WANG *et al.*, 2016).

A composição química corporal pode ser diferente para uma única espécie, pois é influenciada pela idade, crescimento e o consumo alimentar (SENAR, 2019). Ainda, se este aminoácido não estiver presente em concentrações suficientes na dieta, juntamente com outros aminoácidos essenciais para manter a função fisiológica adequada, o consumo pode também ser prejudicado (PIANESSO, 2015). Da mesma forma, é citado que o desempenho de crescimento pode ser atribuído a maior disponibilidade de aminoácidos como o resultado do aumento da retenção do mesmo na dieta (MOLINARI *et al.*, 2021; ZHANG *et al.*, 2023), confirmando os resultados encontrados pela dieta deficiente no aminoácido neste estudo. Salienta-se que isto pode ser um indicativo que a deposição de lipídios e proteínas dependerem de diferentes fatores como o balanço de aminoácidos essenciais, teor de proteína e as relações proteína e energia na dieta (BHUPATHIRAJU, 2023).

Com um aumento nos níveis de Triptofano na dieta, a concentração de proteína bruta corporal aumentou visivelmente e foi reduzida quando o nível de Triptofano excedeu a recomendação nutricional de 3,15 g kg⁻¹ neste estudo. Este comportamento é semelhante ao mencionado em estudos anteriores para truta arco íris (AHMED *et al.*, 2024). Resultados semelhantes foram observados para a deposição de proteínas, onde os peixes alimentados com dietas com o nível mais baixo de Triptofano apresentaram menor eficiência alimentar atrelada a menor deposição de proteína corporal e ganho em peso (Tabela 3 e 5). Isto pode atribuir que a deficiência de Triptofano pode limitar a síntese proteica e conseqüentemente, o crescimento de ambas as espécies, sendo os níveis ideais capazes de promover a absorção adequada de nutrientes e melhorar o desempenho dos peixes (ZHAO *et al.*, 2019; XIAO *et al.*, 2023).

O nível ótimo do aminoácido obtido em ensaio de dose resposta para juvenis de espécies tropicais de hábito alimentar onívoro tem sido de 2,80 a 3,45 g kg na dieta (PIANESSO *et al.*, 2015; ZAMINHAN *et al.*, 2017; NGUYEN *et al.*, 2019). Geralmente, o ganho em peso dos peixes é usado como variável de desempenho para a estimativa do nível ótimo. No presente estudo, a análise de regressão polinomial de segunda ordem indicou a exigência de 2,58 g kg⁻¹ de Triptofano digestível na dieta para a espécie. Esta recomendação está um pouco abaixo de 2,80 g kg⁻¹ (SANTIAGO; LOVELL, 1988), 2,90 (40 a 130 g) (ZAMINHAN *et al.*, 2017) e 3,10 g kg⁻¹ de Triptofano (8 a 75g) (NGUYEN *et al.*, 2019) para maior ganho em peso de

outras espécies de peixes onívoros. Por outro lado, este valor está acima da recomendação de estudos para Pacu com a utilização do método de deleção de aminoácidos essenciais utilizada por Boaratti *et al.* (2020) e Rodrigues *et al.* (2022) em estudos com pacu estimaram o Triptofano em 1,74 e 1,73 (g/kg) em função da proteína bruta corporal, para as fases inicial e crescimento respectivamente.

A partir das recomendações disponíveis, é possível inferir que o estudo apresenta um ponto de equilíbrio entre recomendações para alguns peixes onívoros pelo método de dose resposta e por outro lado eleva a exigência em estudos de deleção que utilizaram a recomendação baseada na composição corporal. As diferenças na composição nutricional das dietas experimentais, condições experimentais, forma de análise dos dados, tamanho dos peixes e variações genéticas também podem atribuir diferenças nas exigências (NRC, 2011; ZEHRA; KHAN, 2015; PEWITT *et al.*, 2017; ZAMINHAN *et al.*, 2018; NGUYENA *et al.*, 2019; MIAO *et al.*, 2021; BOARATTI *et al.*, 2020; RODRIGUES *et al.*, 2022).

7 CONCLUSÃO

O nível ótimo de Triptofano digestível em dietas para juvenis de Pacus para um melhor desempenho e eficiência nutricional foi determinado em $2,58 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ (0,92% da proteína dietética) com base na análise de regressão quadrática para a variável de ganho em peso dos peixes. Portanto, nosso estudo tem uma relevância para futuras formulações de dietas práticas baseadas em composições nutricionais que poderão conter este nível de Triptofano digestível para a espécie.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIDI, S. F., KHAN, M. A. Dietary tryptophan requirement of fingerling rohu, *Labeo rohita* (hamilton), based on growth and body composition. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 41, n. 5, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2010.00412.x>>. Acesso em: 22 mai. 2024.

ABIMORAD, E. G., et al. Dietary digestibility lysine requirement and essential amino acid to lysine ratio for pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Aquaculture Nutrition**, v. 16, p. 370-377, 2010. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2095.2009.00674.x>>. Acesso em: 11 mai. 2024.

ABIMORAD, E. G., et al. Dietary supplementation of lysine and/or methionine on performance, nitrogen retention and excretion in pacu *Piaractus mesopotamicus* reared in cages. **Aquaculture Nutrition**, v. 295, ed.3-4, p.266-270, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.07.001>>. Acesso em: 13 mai. 2024.

ABIMORAD, E. G.; SQUASSONI, G. H.; CARNEIRO, D. J. Apparent digestibility of protein, energy, and amino acids in some selected feed ingredients for pacu *Piaractus mesopotamicus*. **Aquaculture Nutrition**, v. 14, n. 4, p. 374-380, 2008. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/items/7c65527d-b720-4b95-bcb8-9e541792fa6b>>. Acesso em: 19 mai. 2024.

ABREU, D. F. A. R. Detalhamento sobre o triptofano e sua importância no combate aos agentes que levam à depressão: avaliação sobre o produto triptolife. **Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar**, v. 6, p. 3293-3303. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i1.1727>. Acesso em: 12 de mai. 2024.

AHMED, I. Dietary amino acid L-tryptophan requirement of fingerling Indian catfish, *Heteropneustes fossilis* (Bloch), estimated by growth and haemato-biochemical parameters. **Fish Physiology and Biochemistry**, 38, n. 4, p. 1195-1209, 2012. Disponível em:< <https://doi.org/10.1007/s10695-012-9609-1>>. Acesso em: 17 mai. 2024.

ALAMI-DURANTE, H. et al. Skeletal muscle growth dynamics and expression of related genes in white and red muscles of rainbow trout fed diets with graded levels of a mixture of plant protein sources as substitutes for fishmeal. **Aquaculture**, v.303, p.50-58, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.03.012>>. Acesso em: 11 mai. 2024.

Anuário PeixeBR 2023. A força dos peixes brasileiros. **Peixe BR**. 2023. Disponível em: <<file:///C:/Users/Usuario/Downloads/AnuarioPeixeBR2023.pdf>>. Acesso em: 15 de mai. 2024.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). **Official Methods of Analysis. 20th Edn.**, Association of Official Analytical Chemists, Rockville, MD, USA, 2016.

BAQIR, H. A.; ZEBOON, N. H.; AL-BEHADILI, A. A. J. *The role and importance of amino acids within plants*. **Plant Archives**, v. 19, n. 2, p. 1402-1410, 2019.

Disponível em:

<[https://plantarchives.org/SPL%20ISSUE%20SUPP%202,2019/244%20\(1402-1410\).pdf](https://plantarchives.org/SPL%20ISSUE%20SUPP%202,2019/244%20(1402-1410).pdf)>. Acesso em: 18 de abr. 2024.

BATISTA, V. F., et al. Proteínas, aminoácidos e variáveis metabólicas na nutrição de peixes. In: COSTA, João da (Org.). *Cultivando o futuro: Tendências e desafios nas ciências agrárias 4*. **AgroEditora**. p. 245-278. 2023. Disponível em:

<[file:///C:/Users/Usuario/Downloads/proteinas-aminoacidos-e-variaveis-metabolicas-na-nutricao-de-peixes%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/proteinas-aminoacidos-e-variaveis-metabolicas-na-nutricao-de-peixes%20(1).pdf)>. Acesso em: 12 de mai. 2024.

BHUPATHIRAJU, S. N., HU, F. Carboidratos, proteínas e gorduras. **Escola de Saúde Pública Harvard TH Chan**. 2023. Disponível em:

<<https://www.msmanuals.com/pt/casa/dist%C3%BArbios-nutricionais/considera%C3%A7%C3%B5es-gerais-sobre-a-nutri%C3%A7%C3%A3o/carboidratos-prote%C3%ADnas-e-gorduras>>. Acesso em: 25 de mai. 2024.

BICUDO, A. J. A. **Exigências nutricionais de juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*, Holmberg, 1887): proteína**, Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em Agronomia. Área de concentração: Ciência Animal e Pastagens, USP, Piracicaba, 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.11606/T.11.2008.tde-18112008-094532>>. Acesso em: 17 mai. 2024.

BICUDO, A. J. A.; CYRINO, J. E. P. Estimating amino acid requirement of Brazilian freshwater fish from muscle amino acid profile. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.40, p.318-823, 2009. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1749-7345.2009.00303.x>>. Acesso em: 2 mai. 2024.

BOARATTI, A.Z. **Relação entre aminoácidos essenciais em dietas para pacu (*Piaractus mesopotamicus*) na fase inicial de crescimento utilizando o método de deleção**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura do Centro de Aquicultura da UNESP – CAUNESP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre, Jaboticabal, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/items/3c463e1b-9034-4032-8756-f6bf097cb5ac>>. Acesso em: 16 mai. 2024.

BOARATTI, A. Z. et al. Assessment of the ideal ratios of digestible essential amino acids for pacu, *Piaractus mesopotamicus*, juveniles by the amino acid deletion method. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.52, p.88–104, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/jwas.12740>>. Acesso em: 6 mai. 2024.

BOMFIM, M. A. D. et al. Digestible tryptophan requirement for tambaqui (*Colossoma macropomum*) fingerlings. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 51, n. 2, 2020. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rca/a/j6YQy5hcnRKPJZRPcwqxtGD/?lang=en&format=pdf>>. Acesso em: 27 mai. 2024.

BOSCOLO, W. R. et al. Nutrição de peixes nativos, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p. 145-154, 2011. Disponível em: <<https://www.sbz.org.br/revista/artigos/66269.pdf>>. Acesso em: 13 mai. 2024.

CAVALCANTI, F. H. M. H. Resíduo de cervejaria na alimentação de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) CUVIER. **Programa de Pós-Graduação em Ciências Pesqueiras nos Trópicos.**, p. 1818, 2015. Disponível em: < >. Acesso em: 12 de mai. 2024.

CYRINO, J. E. P., et al. Nutrição de peixes-Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva. São Paulo, **Aquabio**, p.75-172, 2004. Disponível em: <<https://repositorio.usp.br/item/001399295>>. Acesso em: 17 mai.2024.

DIÓGENES, A. F., et al. Establishing the optimal essential amino acid ratios in juveniles of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by the deletion method. **Aquaculture Nutrition**, v. 22, n. 2, p. 435-443, 2016. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/anu.12262>>. Acesso em: 19 mai. 2024.

FAO- Food and Agriculture Organization, IFAD and WFP. The State of Food Insecurity in the World 2013. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/i3434e/i3434e.pdf>>. Acesso em: 30 mai. 2024.

FAO- Food and Agriculture Organization. Uma produção pesqueira e aquícola sem precedentes contribui decisivamente para a segurança alimentar global. 2022. Brasil, Notícias. Disponível em: <<https://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/es/c/1585153/>>. Acesso em: 14 mai. 2024.

FARHAT; KHAN, M. A. Dietary L-tryptophan requirement of fingerling stinging catfish, *Heteropneustes fossilis* (Bloch). **Aquaculture Research**, v.45, p.1224-1235, 2014. Disponível em: < <https://doi.org/10.1111/are.12066>>. Acesso em: 14 mai. 2024.

FERNANDES, J. B. K. Iniciação à criação de peixes: perguntas e respostas. **Funep**, 2021. Disponível em:

<https://www.caunesp.unesp.br/Home/difusaodeconhecimentos/cartilha_iniciacao_a_criacao_de_peixes_perguntas_e_respostas.pdf>. Acesso em: 25 de mai. 2024.

FERNSTROM J. D. *Large neutral amino acids: dietary effects on brain neurochemistry and function*. **Amino Acids**; v. 45. ed. 3. p. 419–430. 2015.

Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22677921/>>. Acesso em: 24 de mai. 2024.

FERNSTROM, J. D. Dietary effects on brain serotonin synthesis: relationship to appetite regulation. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.42, ed.5, p. 1072-1082, 1985. Disponível em: <<https://doi.org/10.1093/ajcn/42.5.1072>>. Acesso em: 28 mai. 2024.

FURUYA, W. M. et al. Exigências de lisina digestível para juvenis de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira De Zootecnia**, v.35, n.3, p.937–942, 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1516-35982006000400001>>. Acesso em: 11 mai. 2024.

FURUYA, W. M.; FURUYA, V. R. B. Nutritional innovations on amino acids supplementation in Nile tilapia diets. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.88-94, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001300010>>. Acesso em: 5 mai. 2024.

GAYLORD, T. G.; RAWLES, S. D.; DAVIS, K. B. Dietary tryptophan requirement of hybrid striped bass (*Morone chrysops* x *M. saxatilis*). *Aquaculture Nutrition* v.11, p.367–371, 2005. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/J.1365-2095.2005.00360.X>>. Acesso em: 5 mai. 2024.

HASHIMOTO, D. T. et al. Molecular diagnostic methods for identifying Serrasalmid fish (Pacu, Pirapitinga, and Tambaqui) and their hybrids in the Brazilian aquaculture industry. **Aquaculture**, v. 321, n. 1-2, p. 49-53, 2011. Disponível em: <

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044848611006429?via%3Dihub>>. Acesso em: 23 mai. 2024.

HE J.Y. et al. Methionine and Lysine Requirements for Maintenance and Efficiency of Utilization for Growth of Two Sizes of Tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture Nutrition**, v.19, p.629–640, 2013. Disponível em: < <https://doi.org/10.1111/anu.12012>>. Acesso em: 23 mai. 2024.

HERRERA, M. et al. Metabolic and stress responses in senegalese solea (*Solea senegalensis kaup*) fed tryptophan supplements: effects of concentration and feeding period. **Journals Animals**, v.9, n.1, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/ani9060320>>. Acesso em: 12 mai. 2024.

HÖGLUND, E. et al. Attenuation of stress-induced anorexia in brown trout (*Salmo trutta*) by pre-treatment with dietary L-tryptophan. **British Journal of Nutrition**, v.97, n.4, p.786-789, 2007. Disponível em: <<https://www.cambridge.org/core/journals/british-journal-of-nutrition/article/attenuation-of-stressinduced-anorexia-in-brown-trout-salmo-trutta-by-pretreatment-with-dietary-ltryptophan/3E950CEBE623819BA8A397C2E3BE727F>>. Acesso em: 12 mai. 2024.

HÖGLUND, E. et al. Suppression of aggressive behaviour in juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua*) by l-tryptophan supplementation. *Aquaculture*, v.249, ed.1-4, p.525-531, 2005. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.04.028>>. Acesso em: 7 mai. 2024.

JÚNIOR, T. S. D., VERDE, T. F. C. L., LANDIM, L. A. S. R. *Foods rich in tryptophan and its effect on serotonin release and possible benefits in anxiety disorder Alimentos ricos en triptófano y su efecto en la liberación de serotonina y posibles beneficios en el trastorno de ansiedad*. **Research, Society and Development**. v. 10, n. 14. 2021. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i14.22190>>. Acesso em: 26 de jun. 2024.

KHAN, M. A.; ABIDI, S. F. Effect of Varying Protein-to-Energy Ratios on Growth, Nutrient Retention, Somatic Indices, and Digestive Enzyme Activities of Singhi, *Heteropneustes fossilis* (Bloch). **Journal of the World Aquaculture Society**, v.43, ed.4, p.490-501, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2012.00587.x>>. Acesso em: 13 mai. 2024.

KLEIN, S. et al. Levels of crude protein in diets for pacu (*Piaractus mesopotamicus*) from 150 to 400g reared in cages. **Archivos de Zootecnia**, v. 63, n. 244, 2014. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.4321/S0004-05922014000400004> >. Acesso em: 10 mai. 2024.

KUBITZA, F. A água na aquicultura - Parte I. **Panorama da Aquicultura**, v. 27, p. 24 - 33, 2017.

KUMAR, N. et al. Dietary zinc promotes immuno-biochemical plasticity and protects fish against multiple stresses. **Fish & Shellfish Immunology**, v.62, p.184-194, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.01.017>>. Acesso em: 13 mai. 2024.

KUMAR, P. et al. Stress mitigating and growth enhancing effect of dietary tryptophan in rohu (*Labeo rohita*, Hamilton, 1822) fingerlings. **Fish Physiology and Biochemistry**, v.40, n.5, p.1325-1338, 2014. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10695-014-9927-6>>. Acesso em: 13 mai. 2024.

LEPAGE, O. et al. Serotonin, but not melatonin, plays a role in shaping dominant-subordinate relationships and aggression in rainbow trout. *Hormones Behavior*, v.48, ed.2, p.233-242, 2005. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2005.02.012>>. Acesso em: 13 mai. 2024.

LEPAGE, O. et al. Time-course of the effect of dietary L-tryptophan on plasma cortisol levels in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. **Journal of Experimental Biology**, v. 206, n. 20, p. 3589-3599, 2003. Disponível em: <

<https://journals.biologists.com/jeb/article/206/20/3589/9315/Time-course-of-the-effect-of-dietary-l-tryptophan>>. Acesso em: 22 jun. 2024.

LEPAGE, O.; TOTTMAR, O.; WINBERG, S. Elevated dietary intake of L-tryptophan counteracts the stress-induced elevation of plasma cortisol in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Jornal Experimental Biology**, v.205, ed.23, p.3679–3687. 2002. Disponível em: <<https://doi.org/10.1242/jeb.205.23.3679>>. Acesso em: 22 jun. 2024.

MANSANO, C. F. M. Digestibilidade e exigência de aminoácidos para rã-touro. **Universidade Estadual Paulista – Centro De Aquicultura da UNESP**. 2015. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/ec11914b-0028-4dfc-818c-629718752127/content>>. Acesso em: 14 de abr. 2024.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Boletim Aquicultura em águas da união 2020. Relatório Anual de Produção. RAP*. Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mpa/pt-br/assuntos/aquicultura/boletimaquiculturaemguasdaunio2021final_compressed.pdf>. Acesso em: 22 mai. 2024.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Boletim Aquicultura em águas da união 2022. Relatório Anual de Produção. RAP*. Brasília 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mpa/pt-br/assuntos/aquicultura/boletimaquiculturaemguasdaunio2022_final_compressed.pdf>. Acesso em: 21 mai. 2024.

MARDONES, O. et al. Effect of L-tryptophan and melatonin supplementation on the serotonin gastrointestinal content and digestive enzymatic activity for *Salmo salar* and *Oncorhynchus kisutch*. **Aquaculture**, v. 482, p.203-210, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.10.003>>. Acesso em: 5 mai. 2024.

MEDEIROS, S. R.; MARINO, C. T. Proteínas na nutrição de bovinos de corte. In: *Nutrição de bovinos de corte: Fundamentos e Aplicações*. **Embrapa Gado de Corte**.

p 29-44, 2015. Disponível em:

<<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1011213>>. Acesso em: 19 de mai. 2024.

MIAO S. et al. Dietary tryptophan requirement of northern snakehead, *Channa argus* (Cantor, 1842). **Aquaculture**, v.542, 2021. Disponível em: <

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044848621005676?via%3Dihub>>. Acesso em: 21 mai. 2024.

MICHELATO, M.; FURUYA, M. W; GATLIN, D. M. Metabolic responses of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* to methionine and taurine supplementation. **Aquaculture**, v. 485, p.66-72, 2018. Disponível em: <

<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.11.003>>. Acesso em: 21 mai. 2024.

MOLINARI, G. S. et al. The use of dipeptide supplementation as a means of mitigating the negative effects of dietary soybean meal on Zebrafish *Danio rerio*.

Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology, v.257, 2021. Disponível em: <

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1095643321000647?via%3Dihub>>. Acesso em: 12 mai. 2024.

MOORE, S.; STEIN, W. H. Determinação cromatográfica de aminoácidos pelo uso de equipamento de registro automático." **Methods in Enzymology** v.6, p.819-831,

1963. Disponível em: < [https://doi.org/10.1016/0076-6879\(63\)06257-1](https://doi.org/10.1016/0076-6879(63)06257-1)>. Acesso em: 12 mai. 2024.

MORO, G. V. Rações para organismos aquáticos: tipos e formas de processamento. **Embrapa Pesca e Aquicultura**, Ed. 1. p 32, 2015. (Documentos / Embrapa Pesca e

Aquicultura, ISSN 2318-1400; 14). Disponível em: <

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1017676/1/SD14.pdf>>. Acesso em: 27 de mai. 2024.

NERVIS, J. A. L. et al. Apparent digestibility of pacu (*Piaractus mesopotamicus*) diets containing different levels of phosphorus. **Ciências Agrárias**, v. 36, n. 2, p. 4553-4563, 2015. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/4457/445744167040.pdf>>. Acesso em: 22 mai. 2024.

NGUYENA, L. et al. Tryptophan requirement in semi-purified diets of juvenile Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, v.502, p. 258-267, 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044848618303417?via%3DiHub>>. Acesso em: 10 mai. 2024.

NRC - National Research Council. Nutrient Requirements of Fish and Shrimp. **National Academies Press**, Washington, District of Columbia, USA, 2011, p.334. Disponível em: <<https://nap.nationalacademies.org/read/13039/chapter/1#ii>>. Acesso em: 10 mai. 2024.

PEWITT, E. et al. The dietary tryptophan requirement of juvenile red drum, *Sciaenops ocellatus*. **Aquaculture**, v.469, p.112-116, 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848616310195>>. Acesso em: 15 mai. 2024.

PIANESSO, D. et al. Determination of tryptophan requirements for juvenile silver catfish (*Rhamdia quelen*) and its effects on growth performance, plasma and hepatic metabolites and digestive enzymes activity. **Animal Feed Science and Technology**, v.210, p.172-183, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.09.025>>. Acesso em: 18 mai. 2024.

PIANESSO, D. Exigência nutricional de triptofano para o jundiá. Dissertação (Mestrado). **Universidade Federal de Santa Maria**. 2015. Disponível em: <<http://w3.ufsm.br/ppgz/conteudo/Defesas/Dissertacoes/DIRLEISE%20PIANESSO.pdf>>. Acesso em: 16 de abr. 2024.

PRABU, D. L. et al. Influence of graded level of dietary protein with equated level of limiting amino acids on growth, feed utilization, body indices and nutritive profile of

snubnose pompano, *Trachinotus blochii* (Lacepede, 1801) reared in low saline water. **Animal Feed Science and Technology**, v.269, 2020. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377840120305897>>. Acesso em: 14 mai. 2024.

RODRIGUES, A. T. et al. Estimation of the ideal dietary essential amino acid pattern for pacu (*Piaractus mesopotamicus*) in the later-juvenile growth phase. **Animal Feed Science and Technology**, v.284, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.115146>>. Acesso em: 3 mai. 2024.

RODRIGUES, R. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. Piscicultura: alimentação. **Senar**. p. 48. 2019. Disponível em: <<https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/208-CRIA%C3%87%C3%83O-DE-TIL%C3%81PIAS.pdf>>. Acesso em: 15 de abr. 2024.

ROMANELI, R. S. et al. Response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to lysine: Performance, body composition, maintenance and efficiency of utilization. **Aquaculture**, v. 538, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736522>>. Acesso em: 13 mai. 2024.

SALOMÃO, R. A. S. et al. The combination of resveratrol and exercise enhances muscle growth characteristics in pacu (*piaractus mesopotamicus*). **Elsevier, Science Direct**. v.235, p.46-55, 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1095643318303702?via%3Dihub>>. Acesso em: 13 mai. 2024.

SANTIAGO, C. B., LOVELL, L. T. Amino acid requirement for grow of Nile tilapia. **The Journal of Nutrition**, v.118, p.1540–1546, 1988. Disponível em: <<https://doi.org/10.1093/jn/118.12.1540>>. Acesso em: 6 mai. 2024.

SANTOS, N. N. O. A fermentação de rações vegetais com *lactobacillus acidophilus* melhora a sobrevivência e saúde intestinal de juvenis de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) cultivados em sistema de bioflocos lages. **Universidade do Estado de**

Santa Catarina – UDESC Centro de Ciências Agroveterinárias – Programa De Pós-Graduação Em Ciência Animal. 2023. Disponível em:

<https://www.udesc.br/arquivos/cav/id_cpmenu/3406/Disserta__o___Nataly_Neves_Oliveira_Dos_Santos_1681410590509_3406.pdf>. Acesso em: 12 de mai. 2024.

SAS Institute. SAS/STAT 9.4. User's guide. SAS Institute Inc, Cary, NC. 2014.

SCHULTER, E. P.; FILHO, J. E. R. V. Evolução da piscicultura no Brasil: diagnóstico e desenvolvimento da cadeia produtiva de tilápia. **Texto para Discussão 2328,**

IPEA, p. 9 – 16, 2017. Disponível em: <

https://portalantigo.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/TDs/td_2328.pdf>.

Acesso em: 5 mai. 2024.

Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR). Piscicultura: alimentação.

Senar. 48 p. Coleção 263. 2019. Disponível em:

<[https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/263-Piscicultura-](https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/263-Piscicultura-Alimenta%C3%A7%C3%A3o_191025_203233.pdf)

[Alimenta%C3%A7%C3%A3o_191025_203233.pdf](https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/263-Piscicultura-Alimenta%C3%A7%C3%A3o_191025_203233.pdf)>. Acesso em: 12 de mai. 2024.

SHARF, Y., KHAN, M. A. Dietary tryptophan requirement of fingerling *Channa punctatus* (Bloch) based on growth, hematological parameters, intestinal enzymes, non-specific immune response, and antioxidant capacity. **Aquaculture**, v. 562, p. 738-745, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738745>>.

Acesso em: 25 mai. 2024.

SIDONIO, L., et al. **Panorama da aquicultura no Brasil: desafios e**

oportunidades. BNDES Setorial, v. 35, p. 421-463, 2012. Disponível em: <chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1524/1/A%20Set.35_Panorama%20da%20aquicultura%20no%20Brasil_P.pdf>.

Acesso em: 16 mai. 2024.

SIDONIO, L., et al. **Panorama da aquicultura no Brasil: desafios e**

oportunidades. Agroindústria, BNDES setorial 35, p. 421-463, 2018. Disponível

em:

<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1524/1/A%20Set.35_Panorama%20da%20aquicultura%20no%20Brasil_P.pdf>. Acesso em: 16 mai. 2024.

SIQUEIRA, T. V. Aquicultura: a nova fronteira para a produção de alimentos de forma sustentável. **Revista do BNDES**, v. 25, n. 49, p. 9-22, 2018. Disponível em: <<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/16085>>. Acesso em: 17 mai. 2024.

SPIES, J. R. Determination of tryptophan in proteins. **Analytical Chemistry**, v. 39, n.12 p.1412-1416, 1967. Disponível em: <<https://pubs.acs.org/doi/epdf/10.1021/ac60256a004>>. Acesso em: 20 mai. 2024.

ST-PIERRE, N. R. Reassessment of biases in predicted nitrogen flows to the duodenum by NRC 2001. **Journal of Dairy Science**, v. 86, p. 344-350, 2003. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030203736121?via%3Dihp>>. Acesso em: 20 mai. 2024.

SUN, L. et al. Identification and analysis of genome-wide SNPs provide insight into signatures of selection and domestication in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). **PLoS One**, v.9, n.10, ed.109666, 2014. Disponível em: <doi: 10.1371/journal.pone.0109666>. Acesso em: 20 mai. 2024.

TANAKA, R. A. Digestibilidade aparente de ingredientes, parâmetros bioquímicos sanguíneos e morfometria intestinal de Piapara (*Leporinus obtusidens*). **Universidade Estadual Paulista – Centro de Aquicultura da UNESP**. 2018. Disponível em: <https://www.caunesp.unesp.br/Home/pos-graduacao/dissertacao_renata-akemi-tanaka.pdf>. Acesso em: 12 de mai. 2024.

TANG, L. et al. Effect of tryptophan on growth, intestinal enzyme activities and TOR gene expression in juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian): Studies in vivo and in vitro. **Aquaculture**, v. 412-413, p. 23-33, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.07.002>>. Acesso em: 25 mai. 2024.

WANG, M.; LU, M. Tilapia polyculture: a global review. **Aquaculture Research**, v.47, p.2363-2374, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/are.12708>>. Acesso em: 9 mai. 2024.

WEI Y. et al. Stress response and tolerance mechanisms of NaHCO₃ exposure based on biochemical assays and multi-omics approach in the liver of crucian carp (*Carassius auratus*). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.253, 2023. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651323001379>>. Acesso em: 24 mai. 2024.

WEN, H. et al. Dietary tryptophan modulates intestinal immune response, barrier function, antioxidant status and gene expression of TOR and Nrf2 in young grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). **Fish and Shellfish Immunology**, v. 40, n. 1, p. 275-287, 2014. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25047359/>>. Acesso em: 22 mai. 2024.

WINBERG S, ØVERLI Ø, LEPAGE O. Suppression of aggression in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) by dietary L-tryptophan. **Jornal Experimental Biology**, v.204, pt.22, p.3867-3876, 2001. Disponível em: <<https://doi.org/10.1242/jeb.204.22.3867>>. Acesso em: 22 mai. 2024.

WORLD BANK. Environmental, Health, and Safety Guidelines for Aquaculture. **IFC-International Finance Corporation**, p. 2-5, 2007. Disponível em: <<https://documents1.worldbank.org/curated/en/808221481257432145/pdf/110870-WP-English-Aquaculture-guidelines-PUBLIC.pdf>>. Acesso em: 12 mai. 2024.

XIAO, L.-Q., et al. Improvement of flesh quality, muscle growth and protein deposition in adult grass carp (*Ctenopharyngodon idella*): The role of tryptophan. **Aquaculture**, v. 577, 2023. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044848623007792?via%3Dihub>>. Acesso em: 24 mai. 2024.

ZAMINHAN M. et al. Dietary tryptophan requirements of juvenile Nile tilapia fed corn-soybean meal-based diets. **Animal Feed Science and Technology**, v.227, p.62-67, 2017. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377840117304030?via%3Dihub>>. Acesso em: 1 mai. 2024.

ZEHRA, S.; KHAN, M. A. Dietary tryptophan requirement of fingerling *Catla catla* (Hamilton) based on growth, protein gain, RNA/DNA ratio, haematological parameters and carcass composition. **Aquaculture Nutrition**, v. 21, p. 690-701, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/anu.12198>>. Acesso em: 25 jun. 2024.

ZHANG, X. et al. Tryptophan can alleviate the inhibition in growth and immunity of tilapia (*Oreochromis spp.*) induced by high dietary soybean meal level. **Aquaculture Reports**, v. 31, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2023.101646>>. Acesso em: 17 mai. 2024.

ZHAO, Y. et al. Effects of dietary glutamate supplementation on flesh quality, antioxidant defense and gene expression related to lipid metabolism and myogenic regulation in Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian). **Aquaculture**, v. 502, p. 212-222, 2019. Disponível em:<<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.12.050>>. Acesso em: 25 mai. 2024.

ZOU Q, et al. Effects of four feeding stimulants in high plant-based diets on feed intake, growth performance, serum biochemical parameters, digestive enzyme activities and appetite-related genes expression of juvenile GIFT tilapia (*Oreochromis sp.*). **Aquaculture Nutrition**, v.23, p.1076–1085, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/anu.12475>>. Acesso em: 27 mai. 2024.