

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP CENTRO DE
AQUICULTURA DA UNESP**

**ATRACTO-PALATABILIDADE DE DIETAS CONTENDO
DIFERENTES HIDROLISADOS PROTEICOS DE
COPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS (FRANGO E SUÍNO)
PARA JUVENIS DE ROBALO-FLECHA (*Centropomus
undecimalis*) E BIJUPIRÁ (*Rachycentron canadum*)**

Bruno dos Santos Sosa

**Jaboticabal – São Paulo – Brasil
2022**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP CENTRO DE
AQUICULTURA DA UNESP**

**ATRACTO-PALATABILIDADE DE DIETAS CONTENDO
DIFERENTES HIDROLISADOS PROTEICOS DE
COPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS (FRANGO E SUÍNO)
PARA JUVENIS DE ROBALO-FLECHA (*Centropomus
undecimalis*) E BIJUPIRÁ (*Rachycentron canadum*)**

Bruno dos Santos Sosa
Orientador: Dr. Eduardo Antônio Sanches
Co-orientador: Dr. Fábio Bittencourt

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura do Centro de Aquicultura da UNESP - CAUNESP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Aquicultura.

Jaboticabal – São Paulo – Brasil
2022

S715a Sosa, Bruno dos Santos
Atracto-palatabilidade de dietas contendo diferentes hidrolisados proteicos de coprodutos agroindustriais (frango e suíno) para juvenis de robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*) e bijupirá (*Rachycentron canadum*) / Bruno dos Santos Sosa. -- Jaboticabal, 2022
x, 63 p. : il. ; 29 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, 2022

Orientador: Eduardo Antônio Sanches

Coorientador: Fábio Bittencourt

Banca examinadora: Paulo Henrique de Mello, Fábio de Araújo Pedron, Wilson Rogério Boscolo, Rafael Vilhena Reis Neto

Bibliografia

1. Aroma. 2. Comportamento. 3. Estimulante alimentar. 4. Paladar. 5. Peixe marinho. I. Título. II. Jaboticabal-Centro de Aquicultura.

CDU 639.3.043



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Centro de Aquicultura da Unesp - CAUNESP



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

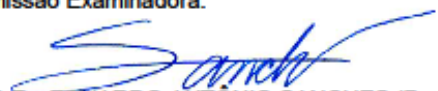
TÍTULO: ATRACTO-PALATABILIDADE DE DIETAS CONTENDO DIFERENTES HIDROLISADOS PROTEICOS DE COPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS (FRANGO E SUÍNO) PARA JUVENIS DE ROBALO-FLECHA (*Centropomus undecimalis*) E BIJUPIRÁ (*Rachycentron canadum*)


AUTOR: BRUNO DOS SANTOS SOSA


ORIENTADOR: EDUARDO ANTÔNIO SANCHES

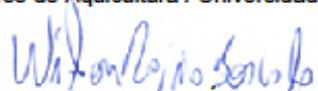
COORIENTADOR: FÁBIO BITTENCOURT

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


Prof. Dr. EDUARDO ANTÔNIO SANCHES (Participação Virtual)
Engenharia de Pesca / Campus Experimental de Registro, Unesp


Prof. Dr. PAULO HENRIQUE DE MELLO (Participação Virtual)
Beacon Development Company / King Abdullah University of Science and Technology (KAUST)


Prof. Dr. FÁBIO DE ARAÚJO PEDRON (Participação Virtual)
Curso de Aquicultura / Universidade Federal do Pampa, Bagé-RS


Prof. Dr. WILSON ROGÉRIO BOSCOLO (Participação Virtual)
Engenharia de Pesca / Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo-PR


Prof. Dr. RAFAEL VILHENA REIS NETO (Participação Virtual)
Engenharia de Pesca / Unesp Campus de Registro, Registro-SP

Jaboticabal, 30 de maio de 2022

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, meu agradecimento às ausências mais profundas desta jornada, minha prima Geovana, meu primo Everton (Mano) e meu eterno farol em vida e *in memoriam*, Eva, minha avó. Minha eterna gratidão às partes da família que em todos os sentidos nos ensinaram sobre a vida e a morte.

Agradeço infinitamente à minha família, minha mãe Regina pela vida e o imenso amor os quais nunca mediu esforços para transferi-los a mim, ao meu pai Gustavo, o maior e mais inteligente mestre que já tive, me forneceu ensina diariamente sobre meu maior dom, a vida, minha irmã Emilia, uma das mulheres mais poderosas que tenho a honra de compartilhar a existência, meu irmão Rodrigo e minha prima Fabiane por ser uma grande amiga e uma das bases de nossa família.

Agradeço ao meu amigo, irmão e companheiro de todos os momentos do doutorado, Ricácio Luan Marques Gomes. Pessoa que o mestrado me apresentou e o doutorado selou nossa eterna amizade. Muito obrigado, meu amigo.

Aos meus grandes amigos, Francisco, Omar e Sanuara, pessoas que há anos estão presentes na lida da vida.

Agradeço à Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" e ao Centro de Aquicultura de UNESP.

Agradeço à Universidade Estadual do Oeste do Paraná e ao GEMaQ, pelo acolhimento.

Ao meu orientador Prof. Dr. Eduardo Antônio Sanches por toda a parceria e sensibilidade durante esses quatro anos. Ao meu co-orientador Prof. Dr Fábio Bittencourt pela duradoura parceria. Ao Prof. Dr. Wilson Rogério Boscolo pela grande generosidade e confiança através do contato com a BRF® Ingredientes, empresa que agradeço pela doação dos ingredientes e suporte técnico utilizados neste trabalho.

E aos demais professores do querido GEMaQ, Prof. Dr Aldi Feiden, Prof. Dr Altevir Signor.

Aos meus amigos Lucas Martins e Patricia Ferrari, pessoas fundamentais nesta trajetória, obrigado pelas conversas, conselhos e confiança através do amado Caetano.

Ao eterno 401, Bruno Sleifer (Slai), Lucas Nunes (Pezinho), Matheus Nunes (Pé), Eduardo Froner (Dudu), João Paulo Dorneles (JP), Olmir Cassiano (Miro) e Alex Becker, grandes amigos da graduação que levo para a vida.

Meu imenso obrigado aos grandes amigos Evandro Moro Bilha (Bila) Matheus Cardoso, Suzana Oliveira e Daiane Vanecii. Pessoas diretamente envolvidas nesta conquista.

Sem tudo e todos eu jamais seria e teria tanto orgulho do ser humano que me tornei.
O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de
Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Frente ao caminho me calo e o pensamento sofreno
O mundo é muito pequeno prás patas do meu cavalo
Nesta jornada terrena, aprende muito quem anda
Sempre que a alma se agranda a estrada fica pequena
(Jaime Caetano Braum / Luiz Marengo).

GRACIAS!

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	8
GENERAL ABSTRACT	9
INTRODUÇÃO GERAL	10
OBJETIVO GERAL	12
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	13
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
CAPÍTULO I	25
RESUMO	26
ABSTRACT	26
INTRODUÇÃO	27
MATERIAL E MÉTODOS	29
RESULTADOS	34
DISCUSSÃO	35
CONCLUSÃO	41
REFERÊNCIAS	41
CAPÍTULO II	46
RESUMO	47
ABSTRACT	47
INTRODUÇÃO	48
MATERIAL E MÉTODOS	49
RESULTADOS	54
DISCUSSÃO	55
CONCLUSÃO	58
REFERÊNCIAS	59
CONSIDERAÇÕES FINAIS	63

RESUMO GERAL

O objetivo do estudo foi determinar o índice de palatabilidade (IP) e avaliar as respostas atrato-gustatórias de dietas contendo diferentes hidrolisados proteicos para o robalo-flecha e bijupirá. Foram elaboradas cinco dietas experimentais para o robalo-flecha e quatro para o bijupirá. Para os robalos cinco dietas foram avaliadas, quatro contendo 10% de diferentes hidrolisados (mucosa suína; farinha de penas; proteína de frango e fígado suíno) e uma (controle) utilizando 10% de farinha de peixe marinho. Cinco duplas de juvenis de robalo-flecha ($30,04 \pm 1,05$ gramas) foram distribuídas em cinco aquários (totalizando dez animais) com volume de 60 litros. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (dietas) e quatro repetições (refeições ao dia). Para o bijupirá foram utilizadas três dietas contendo diferentes hidrolisados (mucosa suína, farinha de penas e proteína de frango) e a dieta controle contendo 10% de farinha de peixe marinho. Foram utilizados quatro juvenis de bijupirá com peso médio de $227,5 \pm 21,02$ gramas, distribuídos em quatro tanques circulares de volume de 1.000L ligados a um sistema de recirculação. Foi estipulado um período de três minutos para as alimentações, filmadas através de uma câmera digital para os robalos e para os bijupiras as observações visuais foram computadas manualmente com auxílio de uma planilha. A partir das filmagens e observações visuais os seguintes comportamentos foram examinados: (a) tempo de captura do primeiro *pellet* (segundos); (b) número de rejeição do *pellet* após captura; (c) número de aproximações sem captura do *pellet*; e (d) número de *pellets* consumidos. Consumo da ração teste e consumo da ração controle foram utilizados para calcular o IP. Para os robalos nenhum parâmetro observado apresentou diferenças significativas ($p > 0,05$). A hidrolisado de mucosa suína demonstrou o maior IP com 5,82%, seguida da hidrolisado de fígado suíno com 5,74%, diante da dieta controle. As dietas com hidrolisado de proteína de frango (-0,20%) e hidrolisado de farinha de penas (-6,18%) apresentaram IP inferiores à dieta controle. A inclusão dos hidrolisados proteicos não causam prejuízos ao comportamento alimentar do robalo-flecha. Para o bijupirá o consumo de pellets foi maior para os peixes alimentados com as dietas contendo proteína de frango hidrolisada e mucosa suína hidrolisada. O hidrolisado de proteína de frango e hidrolisado de mucosa suína foram as dietas com melhor aceitação e podem ser incluídas em dietas para o bijupirá.

Palavra-chave: aroma; comportamento; estimulante alimentar; paladar; peixe marinho; substituição de farinha de peixe.

GENERAL ABSTRACT

The aim of the study was to determine the palatability index (PI) and to evaluate the attratogustatory responses of diets containing different protein hydrolysates for snook and cobia. Five experimental diets were elaborated for the snook and four for the cobia. Five diets were evaluated for snook, four containing 10% of different hydrolysates (porcine mucosa; feather meal; chicken protein and swine liver) and one (control) using 10% marine fish meal. Five pairs of snook juveniles (30.04 ± 1.05 grams) were distributed in five aquariums (totaling ten animals) with a volume of 60 liters. The experimental design was completely randomized, with five treatments (diets) and four replications (meals a day). For cobia, three diets containing different hydrolysates were used (swine mucosa, feather meal and chicken protein) and the control diet containing 10% marine fish meal. Four juvenile cobia with an average weight of 227.5 ± 21.02 grams were used, distributed in four circular tanks with a volume of 1,000L connected to a recirculation system. A period of three minutes was stipulated for the feedings, filmed through a digital camera for the snook and for the cobia the visual observations were manually computed with the aid of a spreadsheet. From the filming and visual observations, the following behaviors were examined: (a) time of capture of the first pellet (seconds); (b) pellet rejection number after capture; (c) number of approaches without pellet capture; and (d) number of pellets consumed. Test feed intake and control feed intake were used to calculate the PI. For snook, no observed parameter showed significant differences ($p > 0.05$). HMS showed the highest PI with 5.82%, followed by HFS with 5.74%, compared to the control diet. The chicken protein hydrolyzed (-0.20%) and feather meal hydrolyzed (-6.18%) diets had lower PI than the control diet. The inclusion of protein hydrolysates does not harm the feeding behavior of the snook. For cobia, the consumption of pellets was higher for fish fed diets containing chicken protein hydrolyzed and swine mucosa hydrolyzed. hydrolyzed and swine mucosa hydrolyzed were the diets with the best acceptance and can be included in diets for cobia.

Keywords: behavior; feeding stimulants; fishmeal replacement; marine fish; smell; taste.

INTRODUÇÃO GERAL

Dentre as mais variadas cadeias produtivas para a alimentação humana, a aquicultura destaca-se, nas últimas décadas, pelo seu rápido e contínuo crescimento. Para tanto, a aquicultura é uma atividade capaz de produzir alimentos e produtos a partir de várias espécies, tanto animais quanto vegetais (FAO, 2020). Nesta vertente, a piscicultura destaca-se como um dos principais produtores de alimentos da atividade. Aliado a isso, o constante crescimento populacional, o desenvolvimento de uma exigência maior quanto a segurança e qualidade nutricional dos alimentos acarretam no aumento do consumo *per capita* de alimentos oriundos da aquicultura, fatos que sustentam o crescimento da atividade (Pradeepkiran, 2019). Por fim, direcionando a aquicultura para um futuro, similar ao presente, de constante crescimento produtivo e invariavelmente tecnológico (Mustapha et al., 2021).

Dessa forma, os avanços tecnológicos acerca de um setor com tamanho potencial são necessários na medida em que essa cadeia se desenvolve e, a partir de novas evidências será fundamental sua inovação para manter seu crescimento, mitigando eventuais impactos, principalmente ambientais, os quais afetam negativamente todo o contexto que faz parte da atividade (Hardesty et al., 2015). Sobretudo, tratando-se de um alto crescimento produtivo, que inevitavelmente aumentará a pressão sobre o ambiente natural.

Buscando manter a tendência de desenvolvimento da aquicultura, novas tecnologias serão ferramentas fundamentais para que esse progresso seja o mais brando possível, tanto para o ambiente em que ela está inserida, quanto para seu impacto social e econômico, pilares que, atualmente, toda a atividade deve concentrar a devida atenção, quando visa um crescimento ordenado (Mustapha et al., 2021).

Se tratando de crescimento produtivo, a nutrição de organismos aquícolas tem total influência nesse assunto, sendo assim, um dos fatores que engloba a maioria das dificuldades que a aquicultura enfrenta para seu desenvolvimento efetivo e menos impactante possível, é a utilização da farinha de peixe (FP) como uma das principais fontes de proteína dietética para peixes marinhos produzidos comercialmente (Oliva-Teles et al., 2015). Em contrapartida este ingrediente apresenta em sua composição química uma ampla variedade de características positivas, tais como: alto valor biológico, elevado teor de proteína, ácidos graxos, adequado perfil de aminoácidos, alta atratividade e palatabilidade e digestibilidade proteica, além de possuir uma rica e viável fonte de minerais e vitaminas, tornando-o uma

das principais fontes de energia e proteína, especialmente em dietas para peixes carnívoros (NRC, 2011).

Contudo, também é atribuído a FP onerosos custos econômicos e ambientais a partir de sua utilização, apresentando inconsistência produtiva, a qual pode ser associada aos estoques naturais que se encontram em extrema depleção, justamente por sua crescente e alta demanda, bem como seu intenso extrativismo nas últimas décadas (Luthada-Raswiswi et al., 2021).

Diante do exposto, torna-se evidente a existência de um gargalo para a continuidade do crescimento da produção aquícola, o qual pode ser atribuído à utilização da FP oriunda do extrativismo, como ingrediente em dietas para peixes e camarões (Hua, 2019). Sendo assim, por um lado a FP é um ingrediente que reúne várias e excelentes características nutricionais, sobretudo, em dietas para peixes marinhos carnívoros. E por outro lado, o impacto ambiental e econômico que este insumo traz consigo para a aquicultura.

Portanto, é consensual entre diversos segmentos da cadeia como produtores, pesquisadores e agências de monitoramento e regulação, a busca e elaboração de protocolos que incluam ingredientes alternativos à FP, que possam substituí-la em qualidade, quantidade, preço, facilidade de manejo, transporte e estocagem, atributos necessários para sustentar a crescente demanda da aquicultura, além de reduzir os impactos econômicos e ambientais causados pelo uso seu uso como ingrediente (Gasco et al., 2018; FAO, 2018).

Além das dificuldades supracitadas, o processo de substituição da FP terá como gargalo a perda da atratividade e palatabilidade a partir da retirada deste ingrediente, por outro lado, salienta-se também, a ausência dessas características em seus primeiros candidatos a substitutos (ex: proteínas vegetais), fato que influenciará diretamente no comportamento alimentar dos animais.

Entretanto, essa característica fisiológica é influenciada por uma sequência de reações que desempenham a mediação de diversas decisões relativas à alimentação, onde a atratividade pode ser definida como um gatilho sensorial proveniente do alimento, sendo primeiramente avaliado pelo olfato, o qual é responsável pelos julgamentos iniciais, determinando a detecção e se o animal buscará ou evitará a fonte de alimento (Hara, 1993). Contudo, a partir do momento em que a dieta entra em contato com o animal, cabe ao paladar através dos botões gustatórios finalmente decidir entre a ingestão ou rejeição do alimento (Glencross et al., 2007).

Além do mais, a presença ou ausência de determinados compostos na dieta também terá influência direta nas decisões de apanhar ou ignorar, ingerir ou rejeitar, podendo,

inclusive, ser um fator decisivo para a quantidade de alimento que será ingerido (Kasumyan & Döving, 2003). Tais informações demonstram a relevância da avaliação da atratividade e palatabilidade dos ingredientes, principalmente quando se trata de espécies com potencial de crescimento produtivo, fatores que expõem lacunas existentes na nutrição aquícola, área de conhecimento que concentra grandes custos econômicos e ambientais para a atividade.

Portanto, para substituir o ingrediente com maior contribuição para a atração e palatabilidade das dietas, primeiramente é necessário que seu substituto forneça índices minimamente semelhantes de atratividade e palatabilidade aos da FP, em seguida que os nutrientes atendam em quantidade e qualidade as exigências nutricionais dos peixes. Além do mais, através da atracto-palatabilidade o substituto deve acelerar e maximizar a ingestão das dietas, evitando perdas na qualidade do ambiente interno e externo à produção, bem como de arranjo econômico, além de proporcionar ao animal seu pleno desenvolvimento (Tantikitti, 2014).

Dessa maneira, a busca e o desenvolvimento de alternativas que atendam níveis de excelência, tanto de atração, palatabilidade e qualidade nutricional semelhantes aos da FP significará uma tarefa bastante laboriosa e complexa, visto que cada espécie desenvolveu a partir de sua evolução e ambiente natural preferências singulares tanto de atração quanto de palatabilidade (Kasumyan & Döving, 2003; Hardy, 2010). Além do mais, quando considerada uma espécie com potencial produtivo, o conhecimento acerca desse tema é bastante limitado, tendo em vista a preferência individual de cada espécie.

Sendo assim, para atingir alta performance produtiva dos animais através de uma atividade mais sustentável torna-se necessária a formulação de dietas que atendam todos os requisitos citados anteriormente, sobretudo relativos à espécie que será utilizada. Portanto, tendo como base as informações acima citadas, o objetivo deste trabalho foi reunir e avaliar informações relativas a atracto-palatabilidade de proteínas alternativas para duas espécies potenciais para a aquicultura marinha.

OBJETIVO GERAL

Avaliar a atracto-palatabilidade de diferentes dietas contendo hidrolisados proteicos (frango e suíno) na alimentação de juvenis de robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*) e bijupirá (*Rachycentron canadum*).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar os seguintes comportamentos alimentares de juvenis de robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*) e bijupirá (*Rachycentron canadum*):

- tempo de captura do primeiro *pellet* (segundos);
- quantidade de rejeições de *pellet* após captura;
- quantidade de aproximações sem haver captura do *pellet*;
- quantidade de *pellets* consumidos.
- Avaliar o índice da palatabilidade das diferentes dietas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Food and Agriculture Organization of the United Nations. The State of World Fisheries and Aquaculture: Meeting the sustainable development goals. Rome, 2018

Food and Agriculture Organization of the United Nations. The State of World Fisheries and Aquaculture: Sustainability in action. Rome, 2020

Gasco, L., Gai, F., Maricchiolo, G., Genovese, L., Ragonese, S., Bottari, T., & Caruso, G. (2018). Fishmeal alternative protein sources for aquaculture feeds. In Feeds for the aquaculture sector (pp. 1-28). Springer, Cham.

Glencross, B. D., Booth, M., & Allan, G. L. (2007). A feed is only as good as its ingredients—a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. *Aquaculture nutrition*, 13(1), 17-34. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2007.00450.x>

Hara, T. J (1993). Role of olfaction in fish behaviour. In Pitcher, T.J. (Ed.). *Behaviour of teleost fishes*. 2ed., London: Chapman & Hall, p.171-199.

Hardesty, B. D., Good, T. P., & Wilcox, C. (2015). Novel methods, new results and science-based solutions to tackle marine debris impacts on wildlife. *Ocean & Coastal Management*, 115, 4-9. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.04.004>

Hardy, R. W. (2010). Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. *Aquaculture Research*, 41(5), 770-776. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2009.02349.x>

Hua, K., Cobcroft, J. M., Cole, A., Condon, K., Jerry, D. R., Mangott, A., ... & Strugnell, J. M. (2019). The future of aquatic protein: implications for protein sources in aquaculture diets. *One Earth*, 1(3), 316-329. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2019.10.018>

Kasumyan, A. O., & Döving, K. B. (2003). Taste preferences in fishes. *Fish and fisheries*, 4(4), 289-347. <https://doi.org/10.1046/j.1467-2979.2003.00121.x>

Luthada-Raswiswi, R., Mukaratirwa, S., & O'Brien, G. (2021). Animal protein sources as a substitute for fishmeal in aquaculture diets: A systematic review and meta-analysis. *Applied sciences*, 11(9), 3854. <https://doi.org/10.3390/app11093854>

Mustapha, U. F., Alhassan, A. W., Jiang, D. N., & Li, G. L. (2021). Sustainable aquaculture development: a review on the roles of cloud computing, internet of things and artificial intelligence (CIA). *Reviews in Aquaculture*, 13(4), 2076-2091. doi: 10.1111/raq.12559

Jobling, M. (2011). National Research Council (NRC): Nutrient requirements of fish and shrimp.

Oliva-Teles, A., Enes, P., & Peres, H. (2015). Replacing fishmeal and fish oil in industrial aquafeeds for carnivorous fish. *Feed and feeding practices in aquaculture*, 203-233. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100506-4.00008-8>

Tantikitti, C. (2014). Feed palatability and the alternative protein sources in shrimp feed. *Songklanakarin J. Sci. Technol*, 36(1), 51-55.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Atratividade e palatabilidade

O comportamento alimentar dos peixes é um processo correspondido por diversos eventos, os quais o seguinte dependerá do anterior, onde o primeiro será denominado busca, seguido por detecção, ataque, captura, ingestão, digestão e evacuação (Hara, 2011). Dessa forma, o animal selecionará itens alimentares norteados por estímulos iniciais captados por sentidos como a visão e olfato, o qual é capaz de captar sinais químicos diluídos no ambiente aquático, e baseados em preferências pré-estabelecidas pela espécie, ambiente natural e nicho ecológico, onde a atração e palatabilidade da dieta terão grande influência no processo avaliativo, bem como na alimentação propriamente dita (Glencross, et al., 2007).

Seguindo essa linha sucessória de eventos, visão, o olfato, a acústica e a linha lateral serão os sentidos iniciais que darão suporte para o segmento do restante do comportamento alimentar (Hara, 1993), sendo de responsabilidade do sistema gustativo a finalização da avaliação e decisão final entre ingerir ou não o item alimentar (Kasumyan & Doving, 2003). É importante ressaltar que os estímulos captados pelo sistema extraoral, na maioria dos casos, não fornecem informações suficiente para o efetivo consumo do alimento, tornando-a uma avaliação de longo alcance, enquanto o sistema oral necessita do contato direto com o alimento, o que evidentemente demanda maiores aproximações para essa avaliação (Lamb, 2001).

É possível considerar que um item alimentar ou uma dieta são compostos por diversas substâncias químicas, as quais, quando sua ausência ou presença são notadas orientarão o animal a uma série de comportamentos avaliativos como aproximações, avaliação visual e/ou olfativa, agarrar ou ignorar para finalmente ingerir ou rejeitar o item alimentar (Kasumyan & Doving, 2003). Dentro desse processo avaliativo, que é atribuído às substâncias químicas presentes ou ausentes nas dietas, é possível categorizá-las a partir de diferentes comportamentos dos peixes, sendo elas: relativas ao sistema extraoral, substâncias incitantes, são aquelas que induzem os animais a movimentos de sucção, agarramento, morda, rasga ou beliscar; substâncias supressoras responsáveis pela taxa de captação dos alimentos; relativos ao sistema oral, substâncias estimulantes, responsáveis pelas taxas de ingestão; substâncias potenciadoras, as quais potencializam o sabor para os peixes; e substâncias deterrentes responsáveis pela rejeição do alimento (Kasumyan e Doving, 2003).

De modo geral, a alimentação de um peixe é um processo totalmente atribuído a soma de fatores que compreendem desde a atração até a ingestão do item alimentar, onde basicamente a composição química da dieta será de grande relevância na ingestão do alimento, sendo a formulação da dieta a única variável passível de adaptação pelo nutricionista na busca do máximo consumo do alimento pelos peixes em ambiente de produção (Barroso et al., 2002; Glencroos et al., 2007).

A atratividade de uma dieta despertará os estímulos iniciais para a alimentação, incitando o animal a buscar e aproximar-se da fonte alimentar com o objetivo básico de avaliar o potencial alimento a ser ingerido (Hara, 1993; Lamb, 2001). Conseqüentemente, a palatabilidade do alimento fornecerá ao animal a avaliação final do alimento, onde os botões gustativos na cavidade oral reconhecerão substâncias saborosas provenientes do item alimentar, que por fim será ingerido (Lokkeborg et al., 2014; Olsen & Lundh, 2016).

Demonstrando a importância da palatabilidade do alimento para sua ingestão, especialmente na categoria dos carnívoros, alguns peixes apresentam papilas gustativas nas proximidades dos seus dentes, estratégia que permite ao animal uma melhor avaliação do item alimentar (presa), logo após sua perfuração ou laceração, fornecendo ao peixe mais informações para enfim decidir entre rejeitar ou ingerir o alimento (Ezeasor, 1982).

Tendo em vista uma produção altamente eficaz, a alimentação de peixes demonstra grande impacto na viabilidade econômica da atividade aquícola. Nesta vertente, dietas devidamente balanceadas terão papel fundamental na efetividade, tanto econômica quanto ambiental da aquicultura, ademais, as especificidades gustativas das espécies serão um dos primeiros gargalos para a ampla efetividade das dietas aquícolas, justamente devido às mesmas fornecerem estímulos para atração e palatabilidade, o que trariam consigo melhores índices de ingestão, bem como digestão e conseqüentemente desempenho produtivo (Kasumyan & Morsi, 1995).

Dessa forma, torna-se evidente a importância do conhecimento acerca das preferências atrativas e gustativas dos animais em produção, fornecendo ao formulador de rações suporte e informações para através de rações balanceadas alcançar o máximo consumo da dieta e, conseqüentemente um elevado desempenho produtivo, bem como o mínimo desperdício de matérias primas, além de manter a devida responsabilidade ambiental, o qual o cenário atual concentra grande atenção.

Hidrolisado proteico

O Brasil é um dos maiores produtores de proteína animal do mundo, o que torna sua cadeia agroindustrial um grande produtor de resíduos, ricos, principalmente em proteínas, os quais, a partir do devido processamento, podem ser transformados em ingredientes proteicos de alta qualidade e em quantidade suficiente para abastecer as demandas da nutrição animal (ABPA, 2017). Todo esse montante de subprodutos oriundos do abate e processamento de animais terrestres acarretará em custos tanto financeiros quanto ambientais, quando geridos indevidamente, o qual amplia a atenção para o devido destino de todo esse material (Martínez-Alvarez et al., 2015).

Nesta vertente, um produto que vem sendo desenvolvido e ganhando espaço no mercado como ingrediente são os hidrolisados proteicos obtidos a partir de subprodutos oriundos do abate e processamento de animais, incluindo vísceras, penas, pele e sangue em sua maioria de animais terrestres, principalmente frangos suínos (Daliri et al., 2017), o que torna os hidrolisados proteicos uma alternativa para a substituição de ingredientes proteicos como a farinha de peixe, atrelada a inconstância produtiva e de qualidade, além da soja a qual apesar de apresentar um bom custo benefício de seu uso, ainda apresenta fatores antinutricionais, dificultando sua inclusão em dietas para algumas espécies de peixes, principalmente carnívoros (NRC, 2011)

Os hidrolisados proteicos são resultantes da hidrólise das proteínas, geralmente obtidos através dos processos enzimáticos, químicos, biológicos ou térmicos, os quais agem na quebra das cadeias longas de moléculas proteicas em unidades peptídicas de vários tamanhos até aminoácidos livres, apresentando, em sua maioria, peptídeos de baixo peso molecular (Robert et al., 2015; Daliri et al., 2017). O processo hidrolítico mais brando, faz com que algumas propriedades nutracêuticas sejam mantidas intactas, tais como capacidade antioxidante e imunomodulatória (Raghavan & Kristinsson, 2008; Memarpoor-Yazdi et al, 2012), evidenciando a potencialidade de utilização destes produtos. Contudo, características relacionadas a bioatividade dos hidrolisados ainda demanda melhores esclarecimentos, devido, principalmente, a seus resultados iniciais serem oriundos, em sua maioria, de ensaios *in vitro* (Martínez-Alvarez et al., 2015).

A constituição final do hidrolisado proteico dependerá principalmente da sua matéria prima e processo utilizado na hidrólise, apresentando em sua constituição uma considerável quantidade de aminoácidos livres e dependendo de seu perfil pode alcançar qualidades

consideráveis, onde a alta solubilidade de seus peptídeos pode atingir similaridades com ingredientes como a farinha de peixe, além disso destaca-se a ausência de fatores antinutricionais (NRC, 2011).

A qualidade nutricional dos hidrolisados ocorre devido a sua alta disponibilidade de pequenos peptídeos e aminoácidos livres, o que facilita e acelera a sua absorção no intestino, aumentando sua viabilidade de uso pelo animal (NRC, 2011). Corroborando com dados iniciais destes ingredientes, quando avaliado a partir de métricas de desempenho produtivo de peixes *in vivo*, os hidrolisados proteicos demonstram-se ingredientes de alta qualidade, proporcionando maiores índices zootécnicos e digestibilidade (Li et al., 2010; Bui et al., 2014; Dos Santos Cardoso et al., 2021). Além disso, apresentam em sua configuração aminoácidos livres considerados flavorizantes (taurina, glicina, arginina, ácido glutâmico e alanina), ou seja, aminoácidos que estimulam a alimentação dos animais, sendo eles altamente palatáveis para determinadas espécies, o que auxiliará na formulação, bem como na aceitação de dietas artificiais específicas para diferentes espécies, idades e ambientes de produção (Martínez-Alvarez et al., 2015; Alves et al., 2019a, 2019b).

Portanto, hidrolisados proteicos reúnem desde sua origem características que dão suporte para sua utilização, partindo de um princípio de processamento e reutilização de um material que seria descartado, até o desenvolvimento de uma matéria prima essencial para uma problemática que acompanha o alto crescimento da aquicultura mundial, ingredientes que substituam, ao menos, parcialmente a farinha de peixe ou potencializando a atratividade e palatabilidade de outros substitutos, neste caso com baixa aceitabilidade por parte do peixes.

Robalo

O robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*) é um peixe da família Centropomidae gênero *Centropomus*, se distribui no oceano Atlântico desde o sudeste dos EUA até o litoral sul do Brasil, habita águas com variação térmica entre 25 e 30° C. É uma espécie eurialina, diádroma e estuarina-dependente que movimenta-se entre a água salgada e doce sazonalmente, principalmente para reprodução, é considerado um carnívoro oportunista e sua alimentação baseia-se em pequenos peixes e crustáceos (Rivas, 1986; Fishbase, 2022).

Do ponto de vista produtivo, o robalo demonstra variadas características positivas para a aquicultura, podendo ser citada a resistência a variações de qualidade de água (Cerqueira & Tsuzuki, 2009) além de uma eficiente conversão alimentar, bem como resistência a altas densidades de estocagem, possibilitando grandes volumes produtivos por unidade de área, além disso, apresenta uma ampla aceitação de sua carne por parte do consumidor final, sendo considerado uma um peixe de carne nobre, fato que contribui para a elevação do valor mercadológico do seu filé (Alvarez-Lajonchère & Tsuzuki, 2008).

Sua capacidade adaptativa a diferentes ambientes, principalmente relativo a salinidade, possibilita aos robalos uma ampla versatilidade no que diz respeito a condições ambientais na produção, tais como tanques-rede, viveiros escavados bem como amplos níveis de intensidade (Alvarez-Lajonchère & Tsuzuki, 2008). Entretanto, o conhecimento acerca da aquicultura dos robalos ainda é pobre visando um pacote tecnológico para sua produção, onde a dificuldade de uma efetiva reprodução dessa espécie, bem como o desenvolvimento de dietas adequadas nutricionalmente e economicamente corretas (Cerqueira et al., 2017) são entraves existentes na cadeia produtiva dessa espécie.

Contudo, seu parente filogeneticamente próximo e produtivamente desenvolvido, principalmente nos países da Ásia e Oceania, o barramundi (*Lates calcarifer*) (Nelson, 2006), é uma fonte de informações preciosas que podem facilitar o desenvolvimento de sistemas eficientes de produção, dando suporte, favorecendo e acelerando a produção dos robalos, inicialmente adaptando tecnologias oriundas do barramundi às condições e ambientes que o robalo se encontra, como as da costa brasileira, área com grande capacidade e condições produtivas.

Portanto, é notório o potencial produtivo tanto das espécies de robalos quanto do ambiente que eles encontram no Brasil, além do suporte tecnológico oriundo do barramundi que pode servir de base para o avanço da produção dos robalos.

Visando o desenvolvimento de um pacote tecnológico para o robalo, assim como em diversas espécies promissoras para a aquicultura, se faz necessário o esclarecimento de aspectos nutricionais da espécie. Sobretudo, referente a grande parcela de custos diretamente relacionados às dietas devidamente formuladas, especialmente em se tratando de uma espécie carnívora. Além disso, reunindo a necessidade de alternativas para a redução de custos das dietas, com utilização de ingredientes vegetais e/ou ingredientes de origem animal devidamente processados, se faz necessário o esclarecimento das preferências gustativas e

atrativas dos robalos, justamente para melhor compreender e aplicar novos e mais indicados ingredientes às dietas desses animais.

Bijupirá

Bijupirá ou Cobia (*Rachycentron canadum*) é um peixe pelágico, carnívoro (Meyer & Franks, 1996), migratório, habita águas tropicais e subtropicais de todos os oceanos, com exceção da parte central e oriental do oceano Pacífico, podendo ser considerado um peixe cosmopolita (Shaffer & Nakamura, 1989; Figueredo & Menezes, 2000).

Se tratando de piscicultura marinha o bijupirá é uma espécie com potencial mundial, detém as principais características para o sucesso de sua produção, tais como: elevada taxa de crescimento, eficiência alimentar, aceitabilidade de dietas formuladas, bom rendimento de carne, sendo a mesma considerada de boa qualidade acarretando na elevação de seu valor comercial (Liao et al., 2004; Benetti et al., 2008; Sanches et al., 2008). No Brasil não existe uma representatividade considerável em estatísticas pesqueiras a partir do extrativismo do bijupirá (Hamilton et al., 2013). Contudo, sua carne com ótimas características organolépticas, além de sua ampla utilização na culinária asiática, considerando-o como um produto de bom mercado.

O bijupirá é um peixe produzido em águas da Ásia, EUA, México e no Panamá, China e Taiwan são os principais produtores mundiais (Sanches, 2007). A piscicultura marinha é um setor pouco explorado pela aquicultura brasileira, sendo assim, o bijupirá é uma espécie em potencial que necessita de desenvolvimento científico e tecnológico na costa brasileira (Sanches et al., 2008).

Porém, um dos entraves para sua produção no Brasil são as limitadas informações sobre essa espécie em águas brasileiras, como a nutrição, pois não existe uma dieta comercial disponível no mercado (Sampaio et al., 2011). Informações fortemente relevantes, visando o desenvolvimento de um pacote tecnológico de uma espécie promissora.

Portanto, o bijupirá é uma espécie que pode contribuir para o desenvolvimento da maricultura brasileira, campo que atualmente encontra-se produtivamente aberto, porém carente de informações referentes a essa espécie na costa brasileira (Sampaio et al., 2011). Outro fator importante no desenvolvimento de uma cadeia produtiva para piscicultura marinha, principalmente de peixes carnívoros, é a redução do uso da farinha de peixe,

produto que tem diminuindo sua qualidade e quantidade, devido a estagnação da pesca, sendo um ingrediente que não acompanhará a constante demanda por parte da aquicultura (FAO, 2018).

Além disso, sendo uma espécie carnívora, serão fundamentais informações acerca das preferências gustativas e atrativas para a formulação de dietas economicamente e ambientalmente sustentáveis, visto que, invariavelmente, tais dietas utilizarão ingredientes alternativos, principalmente no contexto de diminuição da farinha de peixe (flavorizante e nutricionalmente rica) sem prejuízos significativos ao crescimento dos animais (Jingting et al 2020).

REFERÊNCIAS

ABPA – Associação Brasileira de Proteína Animal. São Paulo, p.68. 2017

Alvarez-Lajonchère, L., & Tsuzuki, M. Y. (2008). A review of methods for *Centropomus* spp.(snooks) aquaculture and recommendations for the establishment of their culture in Latin America. *Aquaculture Research*, 39(7), 684-700. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.01921.x>

Alves, D. R. S., de Oliveira, S. R., Luczinski, T. G., Paulo, I. G. P., Boscolo, W. R., Bittencourt, F., & Signor, A. (2019). Palatability of protein hydrolysates from industrial byproducts for Nile tilapia juveniles. *Animals*, 9(6), 311. <https://doi.org/10.3390/ani9060311>

Alves, D. R., Silva, T. C. D., Rocha, J., Oliveira, S. R. D., Señor, A., & Boscolo, W. R. (2019). Compelling palatability of protein hydrolysates for Nile tilapia juveniles. *Latin American journal of aquatic research*, 47(2), 371-376. <http://dx.doi.org/10.3856/vol47-issue2-fulltext-19>

Barroso, M. V., Castro, J. C., Aoki, P. C. M., & Helmer, J. L. (2002). Valor nutritivo de alguns ingredientes para o robalo (*Centropomus parallelus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31, 2157-2164.

Benetti, A.D.; Orhum, M.R.; Sardenberg, B.; O’hanlon, B.; Welch, A.; Hoenig, R.; Zink, I.; Rivera, J.A.; Denlinger, B.; Bacoat, D.; Palmer, K.; Cavalin, F. (2008). Advances in hatchery and grow-out technology of cobia *Rachycentron canadum* (Linnaeus). *Aquaculture Research*. 39: 701-711. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.01922.x>

Bui, H. T. D., Khosravi, S., Fournier, V., Herault, M., & Lee, K. J. (2014). Growth performance, feed utilization, innate immunity, digestibility and disease resistance of juvenile red seabream (*Pagrus major*) fed diets supplemented with protein hydrolysates. *Aquaculture*, 418, 11-16. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.09.046>

Cerqueira, V. R., & Tsuzuki, M. Y. (2009). A review of spawning induction, larviculture, and juvenile rearing of the fat snook, *Centropomus parallelus*. *Fish Physiology and Biochemistry*, 35, 17-28. [10.1007/s10695-008-9245-y](https://doi.org/10.1007/s10695-008-9245-y)

- Cerqueira, V. R., Carvalho, C. V. C., Sanches, E. G., Passini, G., Baloi, M., & Rodrigues, R. V. (2017). Manejo de reprodutores e controle da reprodução de peixes marinhos da costa brasileira. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, 41(1), 94-102.
- Daliri, E. B. M., Lee, B. H., & Oh, D. H. (2018). Current trends and perspectives of bioactive peptides. *Critical reviews in food science and nutrition*, 58(13), 2273-2284. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1319795>
- dos Santos Cardoso, M., Godoy, A. C., Oxford, J. H., Rodrigues, R., dos Santos Cardoso, M., Bittencourt, F., ... & Feiden, A. (2021). Apparent digestibility of protein hydrolysates from chicken and swine slaughter residues for Nile tilapia. *Aquaculture*, 530, 735720. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735720>
- Ezeasor, D. N. (1982). Distribution and ultrastructure of taste buds in the oropharyngeal cavity of the rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *Journal of Fish Biology*, 20(1), 53-68. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1982.tb03894.x>
- Figueiredo, J. L.; Menezes, N. A. Manual de peixes marinhos do Sudeste do Brasil. São Paulo: Museu de Zoologia/USP, 2000. 116 p.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. The State of World Fisheries and Aquaculture: Meeting the sustainable development goals. Rome. 2018.
- Froese, R. and D. Pauly. Editors. 2022. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org
- Glencross, B. D., Booth, M., & Allan, G. L. (2007). A feed is only as good as its ingredients—a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. *Aquaculture nutrition*, 13(1), 17-34. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2007.00450.x>
- Hamilton, S.; Severi, W.; Cavalli. (2013). Biologia e aquicultura do beijupirá: uma revisão. *Boletim do Instituto da Pesca*. 39(4): 461-477.
- Hara, M., Wads, T., Mitomori, K., & Kikuchi, F. (2011). Smell, taste, and chemical sensing|chemoreception (smell and taste): An introduction. In A. P. Farrell (Ed.), *Encyclopedia of fish physiology* (pp. 183–186). San Diego, CA: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374553-8.00021-6.L>
- Hara, T.J. Role of olfaction in fish behaviour. In: Pitcher, T.J. (Ed.). *Behaviour of teleost fishes*. 2ed., London: Chapman & Hall, 1993. p.171-199.
- Jingting, Y., Danting, G., Chun, K., Min, J., & Xueming, H. (2020). Effect of soybean antigenic protein on feed palatability of fishmeal replaced diets for obscure puffer (*Takifugu fasciatus*) and the alternation of diet preference by domestication. *Aquaculture Reports*, 17, 100332. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100332>
- Kasumyan, A. O., & Döving, K. B. (2003). Taste preferences in fishes. *Fish and fisheries*, 4(4), 289-347. <https://doi.org/10.1046/j.1467-2979.2003.00121.x>
- Kasumyan, A. O., & Morsi, A. K. (1995). Taste sensitivity of common carp *Cyprinus carpio* to free amino acids and classical taste substances. *Journal of Ichthyology*, 36(5), 391-403.
- Lamb, C. F. (2001). Gustation and feeding behaviour. *Food intake in fish*, 108-130.
- Li, Z. Y., Youravong, W., & Aran, H. (2010). Protein hydrolysis by protease isolated from tuna spleen by membrane filtration: a comparative study with commercial proteases. *LWT-Food Science and Technology*, 43(1), 166-172. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.07.002>

- Liao, I.; Juang, T.; Tsia, W.; Hsueh, C.; Chang, S.; Leano, E. (2004). Cobia culture in Taiwan: current status and problems. *Aquaculture*, 237: 155–165. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.03.007>
- Løkkeborg, S., Siikavuopio, S. I., Humborstad, O. B., Utne-Palm, A. C., & Ferter, K. (2014). Towards more efficient longline fisheries: fish feeding behaviour, bait characteristics and development of alternative baits. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 24(4), 985-1003.
- Martínez-Alvarez, O., Chamorro, S., & Brenes, A. (2015). Protein hydrolysates from animal processing by-products as a source of bioactive molecules with interest in animal feeding: A review. *Food Research International*, 73, 204-212. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.04.005>
- Memarpoor-Yazdi, M., Asoodeh, A., & Chamani, J. (2012). A novel antioxidant and antimicrobial peptide from hen egg white lysozyme hydrolysates. *Journal of Functional Foods*, 4(1), 278-286. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2011.12.004>
- Meyer, G.H.; Franks, J.S. (1996) Food of cobia *Rachycentron canadum* from the northcentral Gulf of Mexico. *Gulf Research Report*. 9: 161-167.
- National Research Council. (2011). Nutrient requirements of fish and shrimp. National academies press.
- Nelson J.S. (2006) *Fishes of the World*, 4th edn. John Wiley and Sons, New York, NY, USA, 601pp.
- Olsén, K. H., & Lundh, T. (2016). Feeding stimulants in an omnivorous species, crucian carp *Carassius carassius* (Linnaeus 1758). *Aquaculture Reports*, 4, 66-73. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2016.06.005>
- Raghavan, S., & Kristinsson, H. G. (2008). Antioxidative efficacy of alkali-treated tilapia protein hydrolysates: a comparative study of five enzymes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(4), 1434-1441. <https://doi.org/10.1021/jf0733160>
- Rivas, L. R. (1986). Systematic review of the perciform fishes of the genus *Centropomus*. *Copeia*, 579-611.
- Robert, M., Zatylny-Gaudin, C., Fournier, V., Corre, E., Le Corguillé, G., Bernay, B., & Henry, J. (2015). Molecular characterization of peptide fractions of a Tilapia (*Oreochromis niloticus*) by-product hydrolysate and in vitro evaluation of antibacterial activity. *Process Biochemistry*, 50(3), 487-492. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2014.12.022>
- Sampaio, L.A.; Moreira, C.B. Miranda-Filho, K.C.; Rombenso, A.N. (2011). Culture of cobia *Rachycentron canadum* (L) in near-shore cages off the Brazilian coast. *Aquaculture Research*. 42: 832-834. [doi:10.1111/j.1365-2109.2010.02770.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2010.02770.x)
- Sanches, E. G. (2007). Piscicultura marinha no Brasil: uma alternativa de produção e conservação. *Aqüicultura e Pesca*. 36(5): 16-22.
- Sanches, E.G.; Seckendorff, R.W.V.; Henriques, M.B.; Fagundes, L.; Sebastiani, E.F. (2008). Viabilidade econômica do cultivo do bijupirá (*Rachycentron canadum*) em sistema offshore. *Informações Econômicas*. 38(12): 42-51. 2008.
- Shaffer, R.V.; Nakamura, E.L. (1989) Synopsis of biological data on the cobia *Rachycentron canadum* (Pisces: Rachycentridae). *FAO Fisheries Synopsis*, 153. U.S. Department of Commerce, NOAA Technical Report. Washington D.C. 21 p.

CAPÍTULO I

**Atracto-Palatabilidade de Dietas Contendo Diferentes Hidrolisados Proteicos
de Coprodutos Agroindustriais (Frango e Suíno) para Juvenis de Robalo-Flecha
(*Centropomus undecimalis*)**

Atracto-Palatabilidade de Dietas Contendo Diferentes Hidrolisados Proteicos de Coprodutos Agroindustriais (Frango e Suíno) para Juvenis de Robalo-Flecha (*Centropomus undecimalis*)

Atracto-Palatability of Diets Containing Different Protein Hydrolyzates of Agroindustrial Coproducts (Chicken and Swine) for Juvenile Common Snook (*Centropomus undecimalis*)

RESUMO

O objetivo deste estudo foi determinar o índice de palatabilidade (IP) e avaliar as respostas atrato-gustatórias de dietas contendo diferentes hidrolisados proteicos para o robalo-flecha. Cinco dietas foram avaliadas, quatro contendo 10% de diferentes hidrolisados (HMS: mucosa suína; HFP: farinha de penas; HPF: proteína de frango e HFS: fígado suíno) e uma (controle) utilizando 10% de farinha de peixe (FPM). Cinco duplas de juvenis de robalo-flecha ($30,04 \pm 1,05$ gramas) foram distribuídas em cinco aquários (totalizando dez animais) com volume de 60 litros. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (dietas) e quatro repetições (refeições ao dia). Foi estipulado um período de três minutos para as alimentações, filmadas através de uma câmera digital. A partir das filmagens os seguintes comportamentos foram examinados: (a) tempo de captura do primeiro *pellet* (segundos); (b) número de rejeição do *pellet* após captura; (c) número de aproximações sem captura do *pellet*; e (d) número de *pellets* consumidos. Consumo da ração teste e consumo da ração controle foram utilizados para calcular o IP. Nenhum parâmetro observado apresentou diferenças significativas ($p > 0,05$). A HMS demonstrou o maior IP com 5,82%, seguida da HFS com 5,74%, diante da dieta controle. As dietas HPF (-0,20%) e HFP (-6,18%) apresentaram IP inferiores à dieta controle. A inclusão dos hidrolisados proteicos não causam prejuízos ao comportamento alimentar do robalo-flecha.

Palavra-chave: aroma; comportamento; estimulante alimentar; paladar; peixe marinho; substituição de farinha de peixe.

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the palatability index (PI) and evaluate the atrato-gustatory responses of diets containing different protein hydrolysates for common snook. Five diets were evaluated, four containing 10% of different hydrolysates (SMH: swine mucous; FMH: feather meal; CPH: chicken protein and SLH: swine liver) and one (control)

using 10% fishmeal (FMP). Five pairs of juvenile common snook ($30.04 \pm 1.05\text{g}$) were distributed in five aquariums (totaling 10 animals) with a volume of 60L. The experimental design was completely randomized, with five treatments (diets) and four repetitions (meals) a day. A period of three minutes was stipulated for the feedings, recorded through a digital camera. From recording the following behaviors were examined: time to capture the first pellet (seconds); number of pellet rejections; number of approaches without capturing the pellet; and number of consumed pellets. Test feed intake and control feed intake were used to calculate the PI. No observed parameter showed significant differences ($p > 0.05$). SMH had the highest PI with 5,82%, followed by SLH with 5,74%, compared to the control diet. The CPH (-0,20%) and FMH (-6,18%) diets had lower PI than the control diet. The inclusion of protein hydrolysates does not harm the feeding behavior of the snook.

Keywords: behavior; feeding stimulants; fishmeal replacement; marine fish; smell; taste.

INTRODUÇÃO

A atenção sobre a sustentabilidade de processos industriais tem se tornado cada vez maior, mediado principalmente pelos recentes avanços tecnológicos, os quais melhoram e aumentam sua produtividade. Dessa forma, progressivamente tornam-se necessárias ações para garantir a sustentabilidade de atividades com grande potencial de crescimento, com a finalidade de minimizar seus impactos ambientais, os quais têm maior incidência em ambientes aquáticos (Hardesty et al., 2015).

Nesta vertente, há um inerente debate sobre a utilização de farinha de peixe (FP) na nutrição aquícola, o qual acelera a busca por alternativas que substituam parcial e/ou integralmente este ingrediente. Além do mais, vale ressaltar as dietas de peixes carnívoros, as quais demandam maior quantidade e qualidade desta proteína em sua formulação (Tacon et al., 2009).

A FP é um ingrediente não só com alto valor proteico e adequado perfil de aminoácidos, mas também com altos índices de digestibilidade, atratividade e palatabilidade, características fundamentais para a nutrição de peixes (Hardy, 2010). Entretanto, o uso da FP emprega um oneroso custo à dieta, irregularidade na disponibilidade e qualidade, além de utilizar matéria prima oriunda da sobrepesca de estoques naturais, diminuindo a sustentabilidade da cadeia produtiva (FAO, 2018).

A substituição da FP, inevitavelmente, terá como um dos gargalos o comportamento alimentar dos animais, visto que a mesma, além de seu alto valor nutricional, desempenha papel fundamental na atratividade e palatabilidade das dietas (Oliva-Teles et al et al., 2015). Desta forma, a ingestão de um alimento é determinada pela combinação dos fatores atratividade e palatabilidade, ou seja, uma dieta deve despertar atração e ter o sabor agradável para ser consumida de forma adequada pelos animais (Glencross et al., 2007).

O comportamento alimentar dos peixes é um processo que geralmente inclui: busca, detecção, ataque, captura, ingestão, digestão e evacuação (Hara, 2011). Portanto, é fundamental para essa cascata de eventos, dietas altamente atrativas e palatáveis, visando a máxima utilização dos nutrientes pelo animal em um curto período de tempo, reduzindo perdas por lixiviação, deterioração do ambiente de produção e queda na performance do animal.

A partir dos primeiros estímulos quimiossensoriais, o gatilho inicial para o comportamento alimentar ocorrerá pelo reflexo cefálico, o qual iniciará uma série de reações para a busca e ingestão do alimento, para tanto, o complexo padrão alimentar dos peixes depende essencialmente dos primeiros estímulos captados pelo olfato e paladar (Takeda & Takii, 1992). Portanto, ingredientes candidatos à substituição da FP devem conter valores nutricionais que atendam às exigências da espécie, além de substâncias que estimulem os comportamentos de alimentação, especialmente quando o substituto demonstra deficiência nessa característica (Hardy, 2010).

Um ingrediente que tem se notabilizado por características positivas são os hidrolisados proteicos, resultante da hidrólise de proteínas através de processos enzimáticos, ácidos ou químicos, os quais promovem a quebra das cadeias longas de moléculas proteicas em unidades peptídicas de vários tamanhos (Robert et al., 2015; Daliri et al., 2017), incluindo aminoácidos livres e peptídeos de baixo peso molecular, proporcionando a estes ingredientes características funcionais e nutricionais como alta atratividade e palatabilidade (Alves et al., 2019a; 2019b) e elevada digestibilidade (Dos Santos Cardoso et al., 2021) em dietas para peixes.

Devido a sua constituição, principalmente peptídeos de vários tamanhos, hidrolisados proteicos provenientes do abate de animais terrestres demonstram maiores similaridades com a FP do que, por exemplo, proteínas de origem vegetal, as quais apresentam baixa aceitabilidade (NRC, 2011). Desse modo, o Brasil com sua cadeia agroindustrial altamente produtiva (frangos e suínos), torna-se um potencial fornecedor de hidrolisados proteicos a partir dos subprodutos (vísceras, penas e proteínas), dando um

destino apropriado ao grande volume de proteína animal proveniente desse setor (ABPA, 2017; Toldrá, et al., 2016).

Neste sentido, espécies com hábitos alimentares carnívoros, tais como o robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*), são postulantes consumidores de dietas contendo esses tipos de ingredientes. Esta espécie é considerada esportiva, de comportamento voraz e, apesar de poucas informações sobre sua produção, demonstra algumas características interessantes do ponto de vista produtivo, dentre elas destacam-se: adaptação em ambientes estuarinos e costeiros para produção (extensiva, semi-intensiva e intensiva), bem como à dietas inertes, além de excelente aceitabilidade de sua carne pelo consumidor final, especialmente sua demanda e preços atrativos para o produtor (Rivas, 1986; Bouchereau et al., 2000; Alvarez-Lajonchère & Tsuzuki, 2008). Entretanto, para o desenvolvimento de um pacote tecnológico ainda demandam consideráveis esclarecimentos sobre diversos temas fundamentais para sua produção, tais como a nutrição em ambiente produtivo (Silvão & Nunes, 2017).

Desse modo, dados referentes à especificidade das respostas gustativas dos animais de produção e ingredientes alternativos são de grande significância para formulação de dietas altamente efetivas. Dietas com boas propriedades aromáticas e de sabor influenciarão na quantidade do alimento ingerido, conseqüentemente podem melhorar os índices de desempenho, servindo para o desenvolvimento seguro de estratégias nutricionais. Portanto, o presente estudo teve como objetivo fornecer dados iniciais acerca das respostas atratógustativas de dietas contendo diferentes hidrolisados proteicos para o robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*).

MATERIAL E MÉTODOS

Declaração de ética

Os procedimentos experimentais desta pesquisa foram aprovados pelo CEUA – Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho Campus de Registro – SP, registrado com o nº 03/2020.

Local e condições experimentais

O ensaio foi realizado no Laboratório Nacional de Aquicultura Marinha (LANAM), município de Ilha Comprida – estado de São Paulo, Brasil.

Foram utilizados dez juvenis de robalo-flecha com peso médio de $30,04 \pm 1,05$ gramas e comprimento total médio de $17,10 \pm 0,22$ centímetros, provenientes de desovas

induzidas no Laboratório de Piscicultura Marinha (LAPMAR) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC/BR.

Os animais foram distribuídos em duplas (Bórquez & Cerqueira, 1998), em cinco aquários de vidro com volume de 60 litros, dotados individualmente de sistema de aeração e aquecimento, isolados visualmente do ambiente externo e com iluminação respeitando o fotoperíodo natural.

Dietas experimentais

Foram avaliadas cinco diferentes dietas, quatro contendo 10% de diferentes hidrolisados como fonte alternativa de proteína animal, e uma com 10% de farinha de peixe marinho (FPM - controle), pois é atribuído a este ingrediente um alto valor atrativo, além de ser globalmente utilizado para alimentação de peixes carnívoros (NRC, 2011). As rações foram formuladas através do programa Supercrac[®], tendo como base as exigências para peixes marinhos carnívoros propostas por NRC (2011) (Tabela 1). Os hidrolisados foram produzidos e fornecidos pela empresa BRF Ingredient's (Concórdia-SC, Brasil), e após serem incluídos nas dietas, estas foram denominadas:

- FPM: dieta (controle) contendo 10% farinha de peixe marinho;
- HMS: dieta contendo 10% de hidrolisado de mucosa suína;
- HFP: dieta contendo 10% de hidrolisado de farinha de penas;
- HPF: dieta contendo 10% de hidrolisado de proteína de frango;
- HFS: dieta contendo 10% de hidrolisado de fígado suíno.

Os ingredientes foram pesados, triturados em moinho do tipo martelo com peneira de 0,3 mm de diâmetro e misturados em um misturador tipo “Y”. As rações foram umedecidas com 20% de água e processadas através do método de extrusão (extrusora Ex-Micro[®]) com 4,0 milímetros de diâmetro. Após o processamento foram secas em estufa de ventilação forçada a 55°C durante 24 horas. As dietas foram formuladas e processadas na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE – *Campus* – Toledo, PR), utilizando as dependências e equipamentos do Grupo de Estudos de Manejo na Aquicultura (GEMAQ). Todos os *pellets* apresentaram a mesma cor, textura e tamanho, e a massa de 100 *pellets* equivalente a média de $6,71 \pm 0,27$ gramas.

Tabela 1: Formulação e composição das dietas contendo hidrolisados proteicos para avaliação das respostas comportamentais de alimentação de juvenis de robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*).

Ingredientes %	Tratamentos (%)				
	Farinha de peixe marinho (FPM)	Hidrolisado de mucosa suína (HMS)	Hidrolisado de farinha de penas (HFP)	Hidrolisado de proteína de frango (HPF)	Hidrolisado de fígado suíno (HFS)
Concentrado proteico de soja	24,25	18,93	21,79	21,10	23,39
Fubá de milho	13,03	12,38	15,33	15,45	13,97
Arroz quirera	12,00	12,06	12,00	12,00	12,00
Farinha de peixe marinho 56%	10,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hidrolisado de mucosa suína	0,00	10,00	0,00	0,00	0,00
Hidrolisado de farinha de penas	0,00	0,00	10,00	0,00	0,00
Hidrolisado de proteína de frango	0,00	0,00	0,00	10,00	0,00
Hidrolisado de fígado suíno	0,00	0,00	0,00	0,00	10,00
Farinha glúten milho 60%	13,72	17,00	12,00	13,00	13,17
Farinha de sangue	8,46	9,00	10,00	9,00	8,00
Farinha de penas	9,92	10,00	8,18	9,20	9,50
Óleo de soja	1,31	2,25	1,97	1,71	1,32
Óleo de peixe marinho	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Fosfato bicálcico	1,37	2,45	2,84	2,61	2,72
Premix ¹ peixes	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Sal comum	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Vitamina C	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Cloreto de colina	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Propionato de Cálcio	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Hidroxitolueno butilato	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Nutrientes (%)					
Amido	22,87	22,86	21,83	23,99	23,95
Cálcio	1,08	0,87	0,73	0,89	0,84
Fósforo total	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
Gordura	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Energia digestível (kcal kg)	4566,98	4612,95	4191,37	4581,03	4623,68
Proteína bruta	41,60	41,35	45,81	41,55	41,40
Gordura total	4,86	5,80	7,29	6,91	5,80

¹Níveis de garantia por quilograma do produto: vit. A - 500.000 UI; vit. D₃ - 200.000 UI; vit. E - 5.000 mg; vit. K₃ - 1.000 mg; vit. B₁ - 1.500 mg; vit. B₂ - 1.500 mg; vit. B₆ - 1.500 mg; vit. B₁₂ - 4.000 mg; ácido fólico - 500 mg; pantotenato de cálcio - 4.000 mg; vit. C - 15.000 mg; biotina - 50 mg; inositol - 10.000; nicotinamida - 7.000; colina - 40.000 mg; cobalto - 10 mg; cobre - 500 mg; ferro - 5.000 mg; iodo - 50 mg; manganês - 1.500 mg; selênio - 10 mg; zinco - 5.000 mg

Composição aminoacídica das dietas

A composição aminoacídica das proteínas hidrolisadas (Tabela 2) foi realizada pelo método HPLC - MA-009 (White et al., 1986; Hagen et al., 1989) por um laboratório comercial (CBO Análises Laboratoriais Ltda., Valinhos-SP).

Tabela 2: Perfil de aminoácidos livres das dietas contendo hidrolisados proteicos para avaliação das respostas comportamentais de alimentação de juvenis de robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*), baseado na matéria seca.

Composição Química	Farinha de peixe marinho (FPM)	Hidrolisado de mucosa suína (HMS)	Hidrolisado de farinha de penas (HFP)	Hidrolisado de proteína de frango (HPF)	Hidrolisado de fígado suíno (HFS)
<i>Aminoácidos essenciais</i>					
Histidina	1,31	1,31	1,48	1,36	1,32
Arginina	2,62	2,37	2,86	2,57	2,54
Treonina	1,86	1,91	2,2	1,89	1,87
Valina	2,66	2,63	3,27	2,59	2,69
Metionina	0,73	0,77	0,72	0,75	0,70
Isoleucina	1,62	1,55	1,76	1,56	1,68
Leucina	4,80	4,97	5,50	4,76	4,81
Fenilalanina	2,44	2,45	2,82	2,41	2,44
Lisina	2,44	2,35	2,54	2,45	2,38
ΣAE	20,48	20,31	23,15	20,34	20,43
<i>Aminoácidos não essenciais</i>					
Ácido Aspártico	3,94	3,87	4,39	3,96	3,98
Ácido Glutâmico	6,58	6,53	6,98	6,51	6,43
Serina	2,64	2,77	3,57	2,71	2,60
Glicina	2,81	2,41	2,88	2,60	2,39
Taurina	0,06	0,03	ND*	0,08	ND*
Alanina	3,24	3,12	3,46	3,13	3,1
Prolina	3,34	3,30	3,90	3,35	3,18
Tirosina	1,51	1,57	1,66	1,51	1,53
Cistina	0,73	0,69	0,78	0,74	0,69
ΣANE	24,85	24,29	27,62	24,59	23,9
Total	45,33	44,6	50,78	44,83	44,33

Classificação de aminoácidos essenciais e não essenciais segundo NRC (2011);

ΣAE: soma de aminoácidos essenciais;

ΣANE: soma de aminoácidos não essenciais;

*Não detectado.

Metodologia experimental

Os peixes passaram por um período de adaptação a presença humana e treinamento alimentar durante dez dias, para o registro do comportamento alimentar dos animais e quantificação do número de *pellets* necessários para atingir a saciedade aparente. Durante o treinamento os peixes foram alimentados com uma ração comercial com 45% de proteína bruta e diâmetro do *pellet* de 4,00 milímetros.

Cinco aquários foram utilizados para o ensaio, em cada aquário foi alojada uma dupla de peixes, distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos, sendo uma dieta controle e quatro diferentes hidrolisados (inclusão de 10% de hidrolisado proteico), quatro repetições (alimentações ao dia) para cada dupla. Durante o

período experimental, os peixes foram alimentados quatro vezes ao dia nos respectivos horários: 08:00h, 11:00h, 14:00h e 17:00h. Os animais receberam o equivalente a 2,24% de seu peso vivo durante o dia, divididos em quatro refeições de cinco *pellets* cada, totalizando 20 *pellets* ao dia por aquário. Considerou-se como uma unidade experimental cada alimentação com determinado tratamento (ingrediente). O ensaio teve a duração de dez dias, totalizando 200 filmagens (cinco duplas x quatro alimentações, vinte ensaios ao dia). Para cada alimento testado obteve-se 40 repetições de alimentação. Para cada refeição foi realizado um sorteio para definir qual dieta cada dupla de robalos receberia.

Foi estipulado um período de três minutos de filmagem para cada alimentação realizada com uma câmera modelo GoPro® Hero 5 Black 12MP 4K, assim que os *pellets* foram inseridos nos aquários de observação. Para que não interferissem na filmagem subsequente, ao final de cada alimentação os *pellets* não consumidos foram removidos e ao fim do dia os aquários foram sifonados (10% do volume total) para remoção de excretas, e renovação parcial da água.

Após a gravação dos vídeos foram realizadas as quantificações dos seguintes comportamentos alimentares: (a) tempo para capturar o primeiro *pellet* (segundos); (b) número de rejeição de *pellet* após captura; (c) número de aproximações sem haver captura do *pellet*; e (d) número de *pellets* consumidos. Todos esses comportamentos alimentares foram utilizados para avaliar as respostas de atratividade e palatabilidade do robalo-flecha (*C. undecimalis*).

Subsequentemente, foi determinado a porcentagem de *pellets* ingeridos a partir do número total de *pellets* fornecidos em cada refeição. Baseado na porcentagem de *pellets* consumidos foi calculado o índice de palatabilidade (IP) dos hidrolisados, de acordo com a equação descrita por Kasumyan e Morsi (1996). O IP é proposto como uma estimativa quantitativa da preferência gustativa (em porcentagem), os valores do índice de palatabilidade variaram entre 100 e -100, utilizando a seguinte fórmula:

$$IP = ((R - C)/(R + C)) * 100$$

Onde:

IP (%): índice de palatabilidade;

R: consumo de *pellets* da ração contendo o hidrolisado;

C: consumo de *pellets* da ração controle (FPM).

Qualidade da água

Os parâmetros físicos e químicos de qualidade de água foram mensurados diariamente: oxigênio dissolvido ($5,31 \pm 0,37 \text{ mg L}^{-1}$), pH ($7,53 \pm 0,17$) e temperatura ($30,08 \pm 0,66 \text{ }^\circ\text{C}$), foram monitorados por meio de um multiparâmetro portátil (YSI[®] Professional Plus) e a salinidade ($31 \pm 2 \text{ g L}^{-1}$) através de refratômetro analógico (BEL[®] equipamentos). Os parâmetros mantiveram-se em níveis considerados ideais para a espécie (Alvarez-Lajonchère & Tsuzuki, 2008).

Análise estatística

Foram avaliados os dados das variáveis tempo para capturar o primeiro *pellet* (segundos); número de rejeição de *pellet* após captura; número de aproximações sem haver captura do *pellet*; e número de *pellets* consumidos. Os pressupostos de normalidade dos resíduos e homocedasticidade de variância foram checados e a partir disto os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). As análises foram efetuadas por meio do programa computacional Statistic 7.1 software[®] (Statsoft, 2005).

RESULTADOS

Apesar de não quantificados, é interessante abordar os comportamentos alimentar e social do robalo-flecha (*C. undecimalis*). Quando os *pellets* foram introduzidos nos aquários observou-se agitação dos animais, rápida natação provocando batidas nas paredes laterais dos aquários, pequenos saltos na superfície da água e movimentos ofensivos dificultando a alimentação do outro peixe. Pôde ser notado voracidade no momento da captura do *pellet*, também ocorreram rejeições quando vários *pellets* foram abocanhados ao mesmo tempo. Independentemente da dieta, os animais demonstraram uma forma de “quebra” dos *pellets*, mordendo-os e rejeitando-os em vários fragmentos e, por fim, ingerindo os fragmentos. Da mesma forma, porém com menos ocorrências, aconteceram algumas interações entre os animais, os dois buscando e ingerindo as dietas, bem como pôde ser notado, nesta e em outras ocasiões, que logo após abocanhar a dieta os animais vão ao fundo do tanque para ingerir ou rejeitar definitivamente os *pellets*, também foi observada grande atenção dos animais com os olhos em constante movimento ao redor do ambiente.

As dietas HMS e HFS demonstraram índices de palatabilidade positivos (Tabela 3) em comparação à dieta controle. Em sequência, observou-se um índice de palatabilidade negativo para a dieta HPF, contudo, muito próximo ao valor nulo, o qual é definido pela

dieta controle. Por outro lado, a dieta HFP demonstrou um índice consideravelmente inferior em relação à dieta controle (Tabela 3).

A inclusão de hidrolisados proteicos (HFP, HFS, HMS e HPF) não determinou diferenças estatísticas ($P > 0.05$) para as respostas comportamentais de dietas para o robalo-flecha (*C. undecimalis*) (Tabela 3). Contudo, é possível observar um incremento em torno de 11 e 4,5% via dietas HMS e HFS, respectivamente, em relação ao consumo dos *pellets* comparados à dieta controle (Tabela 3).

Tabela 3: Índice de palatabilidade e respostas comportamentais (média \pm desvio padrão) de juvenis de robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*) alimentados com dietas contendo diferentes hidrolisados proteicos.

Parâmetros*	FPM (controle)	HFP	HFS	HMS	HPF	P
IP (%)	0,00	-6,18	5,74	5,82	-0,20	
CP (%)	55,50 \pm 13,30	43,00 \pm 14,65	60,00 \pm 8,64	66,48 \pm 12,14	58,51 \pm 1,03	0,09
TCP (s)	25,5 \pm 10,07	31,83 \pm 12,58	24,60 \pm 13,25	22,87 \pm 15,12	30,90 \pm 10,18	0,87
NRAC	0,15 \pm 0,19	0,27 \pm 0,15	0,03 \pm 0,6	0,03 \pm 0,05	0,08 \pm 0,10	0,13
NASC	1,93 \pm 0,21	1,90 \pm 0,54	1,27 \pm 0,32	1,60 \pm 0,97	1,35 \pm 0,50	0,43

Abreviações: IP, índice de palatabilidade; CP, consumo de pellets; TCP, tempo de captura do primeiro pellet; NRAC, número de rejeições após a captura do pellet; NASC, número de aproximações sem captura do pellet; FPM, farinha de peixe marinho; HFP, hidrolisado de farinha de penas; HFS, hidrolisado de fígado suíno; HMS, hidrolisado de mucosa suína; HPF, hidrolisado de proteína de frango.

DISCUSSÃO

O comportamento alimentar é considerado um fator intrínseco de cada espécie, demonstrando padrões diretamente relacionados a sua adaptação e evolução (Kasumyan & Döving, 2003). Pode ser atribuído aos robalos (*Centropomus spp*) constante atenção, principalmente comportamentos desconfiados a qualquer tipo de movimentação dentro do ambiente, associado a isso, contam com a habilidade de utilizar a visão para iniciar seus comportamentos alimentares, no entanto, são necessários estímulos químicos para a efetiva alimentação (Bórquez & Cerqueira, 1998; Tucker & Kennedy, 2001). Apesar do exposto, o conhecimento existente sobre o comportamento alimentar e social do robalo-flecha (*C. undecimalis*), ainda é escasso, o que dificulta a padronização de suas reações frente a estímulos alimentares.

Estudos direcionados a busca por ingredientes proteicos alternativos evidenciam a aplicabilidade dos hidrolisados em dietas aquícolas (Hevrøy et al., 2005; Dieterich, 2014; Rocha, 2018; Dos Santos Cardoso et al., 2021). No entanto, deve ser pautada a especificidade do comportamento alimentar de cada espécie, se tornando imprescindível a

avaliação do ingrediente em potencial, mapeando as características do ingrediente, bem como, da espécie, buscando fornecer ao formulador o melhor parâmetro possível do produto e das espécies a serem utilizados.

Os hidrolisados HMS e HFS demonstram potencial aplicabilidade de sua inclusão, a partir dos dados das respostas comportamentais do robalo-flecha (*C. undecimalis*). Avaliados com tilápias, esses ingredientes também demonstram índices positivos de palatabilidade, bem como considerável atratividade (Alves et al., 2019a). Espécie de hábito e comportamento alimentar distintos do observado no robalo-flecha (*C. undecimalis*), porém, no presente estudo as dietas HMS e HFS proporcionam estímulos olfativos e gustatórios, sugerindo um efeito sinérgico entre os componentes destes ingredientes, os quais atingiram os padrões alimentares de espécies de ambientes e hábitos alimentares diferentes.

Características como solubilidade em água, baixo peso molecular, pequenos peptídeos, compostos nitrogenados e a mistura destes e outros componentes como aminoácidos livres, desempenham papel estimulante no comportamento alimentar de peixes (Carr et al., 1996; Papatryphon & Soares, 2000). Encontrados nos hidrolisados proteicos, tais características quando atendem os padrões detectáveis pelo sistema sensorial, determinam a aceitação da dieta pelos animais. Vale ressaltar a eficiência das dietas HMS e HFS, que além de demonstrar similaridade no perfil de aminoácidos livres com a dieta contendo farinha de peixe marinho, apresentaram as melhores respostas comportamentais.

Substâncias com bons índices de aceitação podem ser utilizadas como estimulantes alimentares, servindo como um atrativo e palatabilizante de dietas com baixa aceitação, como é o caso de formulações com baixa inclusão de farinha de peixe e/ou alta inclusão de proteínas vegetais (Kasumyan & Döving, 2003), sendo um fator de maior significância quando a espécie em questão tem hábito alimentar carnívoro. Como pode ser observado no robalo (*C. parallelus*), o qual demonstrou baixa procura e, conseqüentemente, baixo consumo de dietas com alta inclusão de proteína vegetal (farelo de soja) além do mais, os autores citam características como voracidade na busca pelo alimento, entretanto após a captura dos *pellets* os mesmos foram expelidos, indicando baixa palatabilidade da dieta (Barroso et al., 2002).

A dieta HMS demandou curto tempo médio para a captura do primeiro *pellet* e baixo número de rejeições da dieta. Tais valores fornecem uma amostra sobre o comportamento alimentar do robalo-flecha (*C. undecimalis*), demonstrando uma avaliação mais sensível por parte do sistema extraoral perante o sistema oral. Os resultados deste trabalho corroboram

aos reportados por Kasumyan e Döving (2003), referindo-se aos limites de sensibilidade do sistema gustatório extraoral de peixes, os quais podem ser até dez vezes mais sensíveis do que os do sistema oral. Sendo assim, a avaliação extraoral pode ser mais criteriosa, apesar da decisão final sobre a ingestão ser atribuída ao sistema oral.

Dietas que liberam compostos químicos, principalmente aminoácidos livres e moléculas de baixo peso molecular, demonstram a capacidade de atrair os peixes, entretanto, o alimento deve entrar em contato com os botões gustativos na cavidade bucal para completar sua decisão entre ingerir ou não o alimento (Kolkovski et al., 2000).

Tendo em vista o pequeno número de rejeições da HMS ($0,03 \pm 0,05$), é possível supor que a dieta demonstrou boa aceitação pelo sistema oral do robalo-flecha (*C. undecimalis*). Foi observado na dieta HMS baixo tempo de captura (olfato), bem como reduzido índice de rejeição (paladar). Resultados que fornecem um parâmetro favorável quanto à atratividade e palatabilidade deste ingrediente, considerando sua similaridade estatística com o grupo controle, o qual contém farinha de peixe, ingrediente mais adequado para a alimentação de peixes carnívoros. Podendo ser atribuído a esta dieta aspectos positivos entre os dois principais fatores que compõem os estímulos quimiossensoriais do robalo-flecha (*C. undecimalis*).

O comportamento alimentar reflete em outro sistema extremamente importante para a nutrição, dietas atrativas e palatáveis desempenham papel fundamental na digestão do alimento, a partir de gatilhos quimiossensoriais, todo o processo digestivo desempenha melhor eficiência, dando ao animal o melhor aproveitamento dos nutrientes ingeridos (Giduck et al., 1987; Takeda & Takii, 1992). Além do mais, hidrolisados proteicos apresentam melhor facilidade de digestão, devido a sua solubilidade e composição majoritária de pequenos peptídeos e aminoácidos livres (Dos Santos Cardoso et al., 2021). Portanto, aliando sinergicamente bons índices de atratividade e palatabilidade e qualidade nutricional do ingrediente, é possível fornecer ao animal condições favoráveis para melhor aproveitar os nutrientes dietéticos.

A dieta HPF demonstrou-se levemente inferior a controle quanto ao índice de palatabilidade, apesar da similaridade no perfil de aminoácidos essenciais e não essenciais. Por outro lado, Alves et al. (2020b), observaram positivas respostas comportamentais da proteína hidrolisada de frango em dietas para tilápia. É possível observar a diferença do comportamento alimentar de espécies como a tilápia (onívoro) e o robalo-flecha (carnívoro), onde o primeiro demonstra uma certa preferência pela HPF e o segundo não. Diferentemente

do supracitado, no entanto, com o ingrediente HMS, nesse caso sendo atrativo e palatável para ambas as espécies.

Quanto ao número de rejeição do *pellet* após a captura, o tratamento contendo HFP demonstrou considerável número de rejeições frente às outras dietas. Julgamento essencial também para o barramundi (*Lates calcarifer*), que necessita de repetidos testes até que a dieta seja efetivamente ingerida ou rejeitada (Kasumyan et al., 2022). Características que sugerem como o comportamento alimentar do robalo-flecha progride, visto que a dieta com menor índice de palatabilidade (HFP) manifestou elevados índices de rejeição após a captura dos *pellets*.

Portanto, é possível associar o número de rejeição da dieta HFP ao sistema gustatório do robalo-flecha, o qual desempenha a seleção final entre substâncias palatáveis ou não. Além disso, Valentinčič (2004), afirma que os peixes têm a habilidade de desenvolver uma identificação de vários tipos de aromas. Entretanto, tal padrão, pode não se aplicar ao sabor, lavando o animal a capturar a dieta e, conseqüentemente, rejeitá-la várias vezes, quando esta não se encontra de acordo com seu padrão gustativo.

O perfil de aminoácidos da dieta HFP demonstra uma quantidade levemente superior de aminoácidos como prolina e serina, os quais junto a cistina apresentam-se como principais componentes de β -queratinas, proteínas estruturais que constituem as penas de aves, matéria prima utilizada no ingrediente avaliado. Quando isoladamente testados com juvenis de robalo-flecha (*C. undecimalis*), a serina não despertou qualquer tipo de estímulo para os animais, a prolina apenas provocou agitações e em poucas ocasiões a captura e rejeição dos *pellets*, dessa forma, esses aminoácidos, isoladamente, não estimularam quimicamente os animais ao ponto de efetivamente ingerirem os *pellets* (Bórquez & Cerqueira, 1998).

Como demonstrado neste trabalho, a maioria dos aminoácidos que compõe as penas (prolina, serina e cistina), isoladamente e em associação não ofereceram um nível apropriado de atração e palatabilidade para a alimentação o robalo-flecha (*C. undecimalis*). Além do mais, a capacidade estimulante da cistina ainda é pouco esclarecida, contudo, dados demonstram sua baixa capacidade estimulante em peixes (Goh & Tamura, 1980; Holland, 1978). Dessa forma, sugere-se que este aminoácido também pode oferecer um papel negativo para estimulação do robalo-flecha (*C. undecimalis*) quando disponibilizado junto a serina e prolina. Nesta vertente, apesar de avaliado com um crustáceo (*Litopenaeus stylirostris*), a farinha de penas hidrolisada também não apresentou função estimulante, indicando a ineficiência deste ingrediente a partir de sua composição, atribuída,

principalmente a limitada disponibilidade de peptídeos de baixo peso molecular (Suresh et al., 2011)

A dieta HFP demandou um elevado tempo para a captura do primeiro *pellet*, podendo ser atribuída a matéria prima utilizada neste ingrediente. Boscolo et al. (2005), salientam a aplicabilidade de ingredientes oriundos do abate de aves, entretanto, os mesmos autores enfatizam a dificuldade da inclusão de penas como ingredientes para tilápias, principalmente, por este afetar a aceitação da dieta pela espécie.

Além do mais, quanto maior o tempo para a ingestão da dieta, maior será a degradação de seus nutrientes, bem como efeitos prejudiciais ao ambiente dos animais, reduzindo a eficiência da utilização dos nutrientes, conseqüentemente, diminuindo seus índices de desempenho (Cyrino et al., 2010).

Nas aproximações sem captura do *pellet* da dieta HFP foi observado comportamento desinteressados quanto ao alimento, sugerindo que este ingrediente não atingiu níveis mínimos de atratividade para os indivíduos. Simultaneamente, o consumo de *pellets* demonstrou-se 22,5% abaixo da dieta controle, indicando uma ação detratora deste ingrediente quando o mesmo é avaliado pelo sistema quimiossensorial, ou seja, uma característica que diminui os efeitos estimuladores da dieta, quando esta é avaliada pelo robalo-flecha.

Quando retirada a questão comportamental do animal, a decisão final em ingerir ou não o alimento ocorrerá em função da presença, ausência e/ou misturas de certos compostos nas dietas, determinando até a quantidade de alimento que será ingerido (Kasumyan & Döving, 2003). Portanto, a interação desses compostos terá papel fundamental nos padrões alimentares das espécies. Como proposto por Alves et al. (2020b), que encontraram os melhores índices de palatabilidade em dietas para tilápias, quando as mesmas continham um aromatizante comercial, atribuindo esse estímulo à composição e quantidade de aminoácidos livres contidos no aromatizante, além do mais, o tratamento controle (sem farinha de peixe ou aromatizante) manifestou os menores índices de palatabilidade. Demonstrando, mais uma vez, a significância dos aminoácidos livres na avaliação das dietas aquícolas.

A partir da soma apenas de aminoácidos classificados como essenciais (NRC, 2011) das dietas utilizadas, pode-se perceber um incremento de mais de 10% no tratamento HFP, enquanto as demais dietas apresentaram maior similaridade quanto ao perfil destes aminoácidos. Da mesma forma, entre os aminoácidos não essenciais, há um incremento em torno de 10% destes aminoácidos na dieta HFP.

Considerando compostos e especificidades muito sensíveis, não pode ser descartada a hipótese de que a interação de aminoácidos livres tem influência direta no comportamento alimentar das espécies. E, se tratando de interação, também devem ser destacadas as quantidades, ausências e presenças de tais compostos atrativos e palatáveis. Salienta-se a necessidade de avaliação destes ingredientes diretamente relacionados às quantidades e misturas dos aminoácidos livres, bem como de outros componentes potencialmente estimulantes.

Sugere-se que a taurina é associada a melhora da palatabilidade de dietas baseadas em proteínas vegetais, especialmente para peixes e camarões carnívoros (Kader et al., 2012; Watson et al., 2015). Desse modo, é possível observar a ausência de taurina no perfil de aminoácidos da dieta contendo HFP (Tabela 2). Assim como Suresh et al. (2011), que encontraram baixos níveis de taurina na farinha de penas hidrolisada de sua pesquisa.

Entretanto, esse mesmo aminoácido também não foi detectado na dieta contendo HFS. A diferença da aceitabilidade das duas dietas é evidente, porém torna-se difícil atribuir ao negativo índice de palatabilidade a ausência da taurina na dieta HFP, pois o mesmo ocorre na dieta HFS, porém com um índice positivo para esta variável. Nesta vertente, Nunes, Andriola-Neto e Lemos (2006), sugerem que a eficácia de um ingrediente é atribuída não apenas a sua constituição química, mas também ao seu nível de inclusão, os quais exercem sua efetividade através da relação entre estimulação e quantidade do estimulante ou ingrediente inclusos na dieta. Portanto, novamente é sugerida a hipótese de que a sinergia entre diferentes aminoácidos e não apenas um é responsável pelos estímulos alimentares iniciais para o robalo-flecha (*C. undecimalis*).

Além do mais, ressalta-se a importância de determinados nutrientes, tendo como base as exigências nutricionais de cada espécie. As respostas comportamentais de alimentação são uma avaliação inicial dos ingredientes, os quais devem, posteriormente, serem considerados quanto a exigência nutricional para o desenvolvimento saudável de cada espécie.

Em se tratando de uma espécie com baixo nível de conhecimento, porém com potencial produtivo, os dados das respostas comportamentais do robalo-flecha (*C. undecimalis*) tornam-se extremamente úteis, visto que apresentam respostas iniciais relativas ao comportamento alimentar da espécie e viabilidade do uso de hidrolisados como ingredientes em sua nutrição. Sobretudo, destaca-se que, aliado aos dados do presente trabalho é necessária a busca de informações sobre a performance produtiva (digestibilidade,

desempenho zootécnico e saúde) do robalo-flecha (*C. undecimalis*), visando fornecer os melhores parâmetros para a formulação de dietas práticas para a espécie.

CONCLUSÃO

A inclusão de 10% dos hidrolisados proteicos HMS, HFP, HPF e HFS substituindo a mesma quantidade de farinha de peixe marinho não causam prejuízos as respostas comportamentais de alimentação do robalo-flecha (*C. undecimalis*).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o Laboratório Nacional de Aquicultura Marinha - LANAM, a prefeitura municipal de Ilha Comprida – SP, a Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho, *Campus* de Registro – SP, o Grupo de Estudos de Gestão na Aquicultura - GEMAQ e Universidade do Estado do Oeste do Paraná, UNIOESTE - Toledo, pela disponibilização de estruturas, laboratórios e equipe técnica. Nossos agradecimentos à empresa Brasil Foods S / A (setor BRF® Ingredientes) pela doação dos ingredientes e suporte técnico. O presente estudo foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código Financiador 001.

DISPONIBILIDADE DE DADOS

Temos o prazer de informar que nossos dados experimentais estão à disposição para qualquer solicitação ou dúvida.

CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram que não têm interesses conflitantes.

REFERÊNCIAS

- ABPA – Associação Brasileira de Proteína Animal. São Paulo, p.68. 2017.
- Alvarez-Lajonchère, L., & Tsuzuki, M. Y. (2008). A review of methods for *Centropomus* spp.(snooks) aquaculture and recommendations for the establishment of their culture in Latin America. *Aquaculture Research*, 39(7), 684-700. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.01921.x>
- Alves, D. R. S., Oliveira, S. R. D., Sosa, B. D. S., Boscolo, W. R., Signor, A., & Bittencourt, F. (2020b). Compelling palatability of flavoring Atractus AQVA® for Nile tilapia juveniles. *Latin american journal of aquatic research*, 48(2), 323-328. <http://dx.doi.org/10.3856/vol48-issue2-fulltext-2355>

- Alves, D. R. S., Oliveira, S. R., Luczinski, T. G., Boscolo, W. R., Bittencourt, F., Signor, A., & Detsch, D. T. (2020a). Attractability and palatability of liquid protein hydrolysates for Nile tilapia juveniles. *Aquaculture Research*. [doi:10.1111/are.14514](https://doi.org/10.1111/are.14514).
- Alves, D.R.S., de Oliveira, S.R., Luczinski, T.G., Paulo, I.G.P., Boscolo, W.R., Bittencourt, F., Signor, A., (2019a). Palatability of protein hydrolysates from industrial byproducts for Nile tilapia juveniles. *Animals* 9, 311. [doi:10.3390/ani9060311](https://doi.org/10.3390/ani9060311). <https://doi.org/10.3390/ani9060311>.
- Alves, D.S., da Silva, T.C., Rocha, J.M., de Oliveira, S., Signor, A., Boscolo, W.R., (2019b). Compelling palatability of protein hydrolysates for Nile tilapia juveniles. *Latin American Journal Aquatic Research* 47, 371–376. [doi:10.3856/vol47-issue2-fulltext-19](https://doi.org/10.3856/vol47-issue2-fulltext-19). <https://doi.org/10.3856/vol47-issue2-fulltext-19>.
- Barroso, M. V., Castro, J. C., Aoki, P. C. M., & Helmer, J. L. (2002). Valor nutritivo de alguns ingredientes para o robalo (*Centropomus parallelus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31(6), 2157-2164. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982002000900002>
- Bórquez, A., & Cerqueira, V. R. (1998). Feeding behavior in juvenile snook, *Centropomus undecimalis*: I. Individual effect of some chemical substances. *Aquaculture*, 169(1-2), 25-35. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(98\)00331-7](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(98)00331-7)
- Boscolo, W. R., Meurer, F., Feiden, A., Hayashi, C., Reidel, A., & Genteline, A. L. (2005). Farinha de vísceras de aves em rações para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) durante a fase de reversão sexual. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34(2), 373-377. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982005000200003>
- Bouchereau, J. L., Chaves, P. T., & Albaret, J. J. (2000). Selection of candidate fish species for farming in the Bay of Guaratuba, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 43(1), 0-0. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132000000100003>
- Carr, W. E., Netherton, III, J. C., Gleeson, R. A., & Derby, C. D. (1996). Stimulants of feeding behavior in fish: analyses of tissues of diverse marine organisms. *The biological bulletin*, 190(2), 149-160. <https://doi.org/10.2307/1542535>
- Cyrino, J. E. P., Bicudo, Á. J. D. A., Sado, R. Y., Borghesi, R., & Dairik, J. K. (2010). A piscicultura e o ambiente: o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39, 68-87. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001300009>
- Daliri, E B-M., Oh, D. H., & Lee, B. H. (2017). Review: Bioactive peptides. *Foods*. 6: 1-21. <https://doi.org/10.3390/foods6050032>
- Dieterich, F., 2014. Desenvolvimento, avaliação físico-química e biológica de hidrolisado proteico de resíduos agroindustriais para surubim. Tese (doutorado). Universidade Estadual Paulista (Centro de Aquicultura). (p.74). Jaboticabal, São Paulo.
- Dos Santos Cardoso, M., Godoy, A. C., Oxford, J. H., Rodrigues, R., dos Santos Cardoso, M., Bittencourt, F., & Feiden, A. (2021). Apparent digestibility of protein hydrolysates from chicken and swine slaughter residues for Nile tilapia. *Aquaculture*, 530, 735720. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735720>
- Giduck, S. A., Threatte, R. M., & Kare, M. R. (1987). Cephalic reflexes: their role in digestion and possible roles in absorption and metabolism. *The Journal of nutrition*, 117(7), 1191-1196. <https://doi.org/10.1093/jn/117.7.1191>

- Glencross, B. D., Booth, M., & Allan, G. L. (2007). A feed is only as good as its ingredients—a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. *Aquaculture Nutrition*, 13(1), 17-34. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2007.00450.x>
- Goh, Y., & Tamura, T. (1980). Effect of amino acids on the feeding behaviour in red sea bream. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Comparative Pharmacology*, 66(2), 225-229. [https://doi.org/10.1016/0306-4492\(80\)90131-8](https://doi.org/10.1016/0306-4492(80)90131-8)
- Hagen, S.R., Frost, B J., & Augustin, J. (1989). Precolumn phenylisothiocyanate derivatization and liquid-chromatography of amino-acids in food. *Journal of AOAC*, 72(6): 912-916. <https://doi.org/10.1093/jaoac/72.6.912>
- Hara, T. J. (2006). Feeding behaviour in some teleosts is triggered by single amino acids primarily through olfaction. *Journal of Fish Biology*, 68(3), 810-825. <https://doi.org/10.1111/j.0022-1112.2006.00967.x>
- Hardesty, B. D., Good, T. P., & Wilcox, C. (2015). Novel methods, new results and science-based solutions to tackle marine debris impacts on wildlife. *Ocean & Coastal Management*, 115, 4-9. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.04.004>
- Hardy, R. W. (2010). Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. *Aquaculture Research*, 41(5), 770-776. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2009.02349.x>
- Hevrøy, E. M., Espe, M., Waagbø, R., Sandnes, K., Ruud, M., & Hemre, G. I. (2005). Nutrient utilization in Atlantic salmon (*Salmo salar L.*) fed increased levels of fish protein hydrolysate during a period of fast growth. *Aquaculture Nutrition*, 11(4), 301-313. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2005.00357.x>
- Holland, K. (1978). Orientação quimiossensorial à alimentação por um cabra havaiana (*Parupeneus porphyreus*, Mullidae). *Journal of Chemical Ecology*, 4 (2), 173-186. <https://doi.org/10.1007/BF00988053>
- Kader, M. A., Bulbul, M., Koshio, S., Ishikawa, M., Yokoyama, S., Nguyen, B. T., & Komilus, C. F. (2012). Effect of complete replacement of fishmeal by dehulled soybean meal with crude attractants supplementation in diets for red sea bream, *Pagrus major*. *Aquaculture*, 350, 109-116. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.04.009>
- Kasumyan, A. O., & DÖving, K. B. (2003). Taste preferences in fishes. *Fish and fisheries*, 4(4), 289-347. <https://doi.org/10.1046/j.1467-2979.2003.00121.x>
- Kasumyan, A. O., Isaeva, O. M., & Oanh, L. T. (2022). Taste attractivity of tropical echinoderms for barramundi *Lates calcarifer*. *Aquaculture*, 553, 738051. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738051>
- Kolkovski, S., Czesny, S., & Dabrowski, K. (2000). Use of krill hydrolysate as a feed attractant for fish larvae and juveniles. *Journal of the World Aquaculture Society*, 31(1), 81-88. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2000.tb00701.x>
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). Nutrient requirements of fish and shrimp. The national academies press, Washington, 2011, 379p.
- Nunes, A. J., Sá, M. V., Andriola-Neto, F. F., & Lemos, D. (2006). Behavioral response to selected feed attractants and stimulants in Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 260(1-4), 244-254. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.06.027>

- Oliva-Teles, A., Enes, P., & Peres, H. (2015). Replacing fishmeal and fish oil in industrial aquafeeds for carnivorous fish. *Feed and feeding practices in aquaculture*, 203-233. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100506-4.00008-8>
- Papatryphon, E., & Soares Jr, J. H. (2000). The effect of dietary feeding stimulants on growth performance of striped bass, *Morone saxatilis*, fed a plant feedstuff-based diet. *Aquaculture*, 185(3-4), 329-338. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00348-8](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00348-8)
- Rivas, L. (1986). Systematic Review of the Perciform Fishes of the Genus *Centropomus*. *Copeia*, 1986(3), 579-611. [doi:10.2307/1444940](https://doi.org/10.2307/1444940)
- Robert, M., Zatylny-Gaudin, C., Fournier, V., Corre, E., Le Corguillé, G., Bernay, B., & Henry, J. (2015) Molecular characterization of peptide fractions of a Tilapia (*Oreochromis niloticus*) by-product hydrolysate and in vitro evaluation of antibacterial activity. *Process Biochemistry*. 50(3): 487-492. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2014.12.022>
- Rocha, J. D. M. (2018). Proteína Hidrolisada de Frango Para Tilápia do Nilo: Digestibilidade e Desempenho Produtivo. Ph.D. thesis. Universidade Estadual do Oeste do Paraná.
- Statsoft, Inc. 2005. *Statistica* (data analysis software system), version 7.1. STATSOFT, Inc. www.statsoft.com
- Silvão, C. F., & Nunes, A. J. P. (2017). Effect of dietary amino acid composition from proteins alternative to fishmeal on the growth of juveniles of the common snook, *Centropomus undecimalis*. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 46, 569-575. <https://doi.org/10.1590/S1806-92902017000700003>
- Suresh, A. V., Vasagam, K. P. K., & Nates, S. (2011). Attractability and palatability of protein ingredients of aquatic and terrestrial animal origin, and their practical value for blue shrimp, *Litopenaeus stylirostris* fed diets formulated with high levels of poultry byproduct meal. *Aquaculture*, 319(1-2), 132-140. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.06.039>
- Tacon, A. G., Metian, M., Turchini, G. M., & De Silva, S. S. (2009). Responsible aquaculture and trophic level implications to global fish supply. *Reviews in fisheries science*, 18(1), 94-105. <https://doi.org/10.1080/10641260903325680>
- Takeda M., & Takii K. (1992). Gustation and nutrition in fishes: application to aquaculture. In: Hara T.J. (eds) *Fish Chemoreception*. Fish & Fisheries Series, vol 6. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-011-2332-7_13
- Toldrá, F., Mora, L., Reig, M. (2016) New insights into meat by-product utilization. *Meat Science*, 120, 54-59. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.04.021>
- Tucker Jr, J. W., & Kennedy, S. B. (2001). Comparison of Some Developmental, Nutritional, Behavioral, and Health Factors Relevant to Stocking of Striped Mullet (*Mugilidae*), Sheepshead (*Sparidae*), Common Snook (*Centropomidae*), and Nassau Groupers (*Serranidae*). *Ecology of aquaculture species and enhancement of stocks*, 191.
- Valentinčič, T. (2004). Taste and olfactory stimuli and behavior in fishes. In *The Senses of Fish* (pp. 90-108). Springer, Dordrecht.
- Watson, A. M., Barrows, F. T., & Place, A. R. (2015). Leaching of taurine from commercial type aquaculture feeds. *Aquaculture Research*, 46(6), 1510-1517. <https://doi.org/10.1111/are.12309>
- Webster, C. (1998). Feeding hybrid striped bass in: Lovell, T. *Nutrition and feeding of fish* (2nd edition). New York: Van Nostrand Reinhold

White, J.A.; Hart, R.J. & Fry, J.C. (1986). An Evaluation of the Waters pico-tag system for the amino-acid-analysis of food materials. *Journal of Analytical in Chemistry.*, **8**(4): 170-177. <https://doi.org/10.1155/S1463924686000330>

Yúfera, M (2011). Feeding behavior in larval fish. In: Holt, G. J. Larval fish nutrition (pp. 285-306). Oxford, UK: John Wiley & Sons, Inc., Publication.

CAPÍTULO II

**Atracto-Palatabilidade de Dietas Contendo Diferentes Hidrolisados Proteicos
de Coprodutos Agroindustriais (Frango e Suíno) para Juvenis de Bijupirá
(*Rachycentron canadum*)**

Atracto-Palatabilidade de Dietas Contendo Diferentes Hidrolisados Proteicos de Coprodutos Agroindustriais (Frango e Suíno) para Juvenis de Bijupirá (*Rachycentron canadum*)

Atracto-Palatability of Diets Containing Different Protein Hydrolyzates of Agroindustrial Coproducts (Chicken and Swine) for Juvenile Cobia (*Rachycentron canadum*)

RESUMO

O presente estudo foi realizado com o objetivo de avaliar a atracto-palatabilidade de diferentes dietas contendo coprodutos de hidrolisado proteico na alimentação de juvenis de bijupirá (*R. canadum*). Foram elaboradas quatro dietas experimentais, sendo uma ração controle com farinha de peixe marinho e outras três dietas contendo hidrolisado proteico (mucosa suína, farinha de penas e proteína de frango), totalizando quatro tratamentos. Foram utilizados quatro juvenis de bijupirá com peso médio de $227,5 \pm 21,02$ g, distribuídos em quatro tanques circulares de volume de 1.000L. Foi estipulado um período de três minutos para as alimentações. A partir de observações e com auxílio de uma planilha foram computados os seguintes comportamentos: (a) tempo de captura do primeiro *pellet* (segundos); (b) número de rejeição do *pellet* após captura; (c) número de aproximações sem captura do *pellet*; e (d) número de *pellets* consumidos. Consumo da ração teste e consumo da ração controle foram utilizados para calcular o IP. O consumo de pellets foi maior para os peixes alimentados com as dietas contendo proteína de frango (HPF) e mucosa suína (HMS). O HPF e HMS foram as dietas com melhor aceitação e podem ser incluídas em dietas para o bijupirá.

Palavra-chave: Aroma; comportamento; estimulante alimentar; resíduos; sabor; substituição de farinha de peixe.

ABSTRACT

The present study was carried out to evaluate the palatability of different diets containing protein hydrolyzate co-products in the diet of juvenile cobia (*R. canadum*). Four experimental diets were elaborated, being a control diet with marine fish meal and other three diets containing protein hydrolyzate (porcine mucosa, feather meal and chicken protein), totaling four treatments. Four juvenile cobia with an average weight of 227.5 ± 21.02 g were used, distributed in four circular tanks with a volume of 1,000L. A period of

three minutes was stipulated for feedings. Based on observations and with the help of a spreadsheet, the following behaviors were computed: (a) time of capture of the first *pellet* (seconds); (b) *pellet* rejection number after capture; (c) number of approaches without *pellet* capture; and (d) number of *pellets* consumed. Test feed intake and control feed intake were used to calculate the PI. *Pellets* consumption was higher for fish fed diets containing chicken protein (HPF) and porcine mucosa (HMS). HPF and HMS were the diets with the best acceptance and can be included in diets for cobia.

Keywords: behavior; feeding stimulants; fishmeal replacement; smell; taste; wastes

INTRODUÇÃO

A aquicultura é uma atividade em constante crescimento, principalmente entre os setores de produção de alimentos de origem animal. No Brasil, este setor apresentou um aumento relevante nas últimas décadas, destacando-se a vertente da piscicultura continental (FAO, 2018). Contudo, este cenário não se aplica à piscicultura marinha, apesar do país reunir condições climáticas favoráveis, vasta disponibilidade hídrica, além de uma ampla diversidade de espécies aquáticas com potencial para a criação (Ostrensky et al., 2007).

Dentre elas, destaca-se o bijupirá (*R. canadum*), uma espécie promissora para a maricultura brasileira, sobretudo por possuir características favoráveis para sua criação como rusticidade a oscilações de salinidade (Faulk & Holt, 2006), boa aceitabilidade a dietas extrusadas (Craig et al., 2006) e reprodução em cativeiro (Benetti et al., 2010). Além disso, apresenta rápido crescimento e carne com boas características organolépticas (Liao & Leño, 2007).

Devido ao seu hábito alimentar carnívoro, essa espécie necessita de maior exigência proteica em sua dieta (Holt et al., 2007). Para peixes carnívoros as formulações de dietas com alto valor nutricional têm a farinha de peixe como uma das principais fontes proteicas, sobretudo por este ingrediente apresentar em sua composição química um alto valor biológico através de seu elevado teor de proteína, ácidos graxos, adequado perfil de aminoácidos, alta digestibilidade, além de serem fontes ricas em minerais e vitaminas (NRC, 2011).

Estimativas indicam que a aquicultura manterá sua expansão no mínimo até 2030, desta maneira a FAO (2018), recomenda a busca por novos ingredientes proteicos alternativos que possam substituir parcial ou integralmente a farinha de peixe, visando a

sustentabilidade tanto no âmbito nutricional quanto econômico e ambiental da cadeia de produção de peixes marinhos.

Neste contexto, o aproveitamento de coprodutos agroindustriais na forma de hidrolisados proteicos torna-se uma alternativa, são ingredientes resultantes da hidrólise das proteínas, geralmente obtidos sob a ação enzimática, ácida ou química (Wisuthipaet et al., 2015; Mullen et al., 2017). O processo de hidrólise consiste na clivagem química de moléculas proteicas em unidades peptídicas de vários tamanhos, permitindo o surgimento de aminoácidos livres e peptídeos funcionais (Mullen et al., 2017).

Pesquisas realizadas com hidrolisados proteicos inseridos em dietas para peixes demonstram efeitos positivos na aceitação da ração aumentando o consumo do alimento através de bons índices de atração e palatabilidade (Li et al., 2010; Alves et al., 2019a, 2019b), na digestibilidade do ingrediente (Bui et al., 2013) e melhorias no sistema imunológico de algumas espécies de peixes (Khosravi et al., 2015). Portanto, é de suma importância obter o conhecimento sobre os dados de atração e palatabilidade do ingrediente, bem como da espécie em potencial.

Desse modo, a atratividade de uma dieta corresponde aos primeiros reflexos alimentares dos peixes, os quais basicamente desempenham papéis de orientação, detecção e natação em direção ao alimento, a partir de estímulos visuais e/ou de quimiorreceptores. Em seguida, a palatabilidade consiste na resposta final do comportamento do animal na decisão entre a ingestão ou rejeição de um determinado alimento, a partir de sua avaliação pelos órgãos sensoriais gustatórios (Silva & Pezzato, 1999; Olsen & Lundth, 2016).

Desta forma, existe a necessidade do desenvolvimento de pesquisas na área da nutrição com a utilização de hidrolisados proteicos em especial para espécies em potencial produtivo como bijupirá (*R. canadum*), inicialmente sobre as respostas comportamentais dos animais em relação a atração e palatabilidade das dietas contendo os hidrolisados. Tais estudos tornam-se relevantes, especialmente visando o desenvolvimento de dietas balanceadas, atrativas e palatáveis. Além de viabilizar um destino apropriado e agregar valor aos co-produtos agroindústrias.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar as respostas comportamentais da alimentação de diferentes dietas contendo hidrolisados proteicos (frango e suíno) na alimentação de juvenis de bijupirá (*R. canadum*).

MATERIAL E MÉTODOS

Declaração de ética

Os procedimentos experimentais desta pesquisa foram aprovados pelo CEUA – Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho Câmpus de Registro – SP, registrado com o n° 03/2020.

Local e condições experimentais

O ensaio foi realizado no Laboratório Nacional de Aquicultura Marinha (LANAM), município de Ilha Comprida – estado de São Paulo, Brasil.

Foram utilizados quatro juvenis de bijupirá BUSCAR A ORIGEM DOS ANIMAIS (*R. canadum*) com peso médio de $227,5 \pm 21,02$ gramas. Os peixes foram distribuídos em quatro tanques circulares com volume de 1000 litros, dotados individualmente de sistema de aeração, ligados a um sistema de recirculação, isolados visualmente do ambiente externo e com iluminação respeitando o fotoperíodo natural.

Dietas experimentais

Foram avaliadas uma dieta controle contendo farinha de peixe marinho (FPM), e outras três dietas contendo diferentes hidrolisados como inclusão alternativa de proteína de origem animal. As rações foram formuladas através do programa Supercrack[®], tendo como base em exigências para peixes marinhos carnívoros, propostas por NRC (2011) (Tabela 1). Os hidrolisados foram produzidos e fornecidos pela empresa BRF Ingredient's[®] (Concórdia-SC, Brasil). Após serem incluídos nas dietas foram denominadas:

- FPM: dieta (controle) contendo 10% farinha de peixe marinho;
- MSH: dieta contendo 10% de mucosa suína hidrolisada;
- FPH: dieta contendo 10% de farinha de penas hidrolisada;
- PFH: dieta contendo 10% de proteína de frango hidrolisada;

Os ingredientes foram pesados, triturados em moinho do tipo martelo com peneira de 0,3 mm de diâmetro e misturados em um misturador tipo “Y”. A ração foi umedecida com 20% de água e processada através do método de extrusão (extrusora Ex-Micro[®]) com 4,0 milímetros de diâmetro. Após o processamento, as dietas foram secas em estufa de ventilação forçada a 55°C durante 24 horas. As dietas foram formuladas e processadas na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE – Campus – Toledo, PR), utilizando as dependências e equipamentos do Grupo de Estudos de Manejo na Aquicultura (GEMaQ).

Todos os pellets tinham o mesmo tamanho, cor e textura, e a massa de 100 *pellets* contabilizada obteve média de $6,71 \pm 0,27$ gramas.

Tabela 1: Formulação e composição das dietas experimentais contendo diferentes hidrolisados proteicos para avaliação de respostas comportamentais de alimentação de juvenis de bijupirá (*Rachycentron canadum*).

Ingredientes	Tratamentos			
	Farinha de peixe (FPM)	Mucosa suína hidrolisada (MSH)	Farinha de penas hidrolisada (FPH)	Proteína de frango hidrolisada (PFH)
Concentrado proteico de soja	24,25	18,93	21,79	21,10
Fubá de milho	13,03	12,38	15,33	15,45
Arroz quirera	12,00	12,06	12,00	12,00
Farinha de peixe marinho 56%	10,00	0,00	0,00	0,00
Mucosa suína hidrolisada	0,00	10,00	0,00	0,00
Farinha de penas hidrolisada	0,00	0,00	10,00	0,00
Proteína de frango hidrolisada	0,00	0,00	0,00	10,00
Farinha glúten milho 60%	13,72	17,00	12,00	13,00
Farinha de sangue	8,46	9,00	10,00	9,00
Farinha de penas	9,92	10,00	8,18	9,20
Óleo de soja	1,31	2,25	1,97	1,71
Óleo de peixe marinho	4,00	4,00	4,00	4,00
Fosfato bicalcio	1,37	2,45	2,84	2,61
Premix ¹ peixes	0,60	0,60	0,60	0,60
Sal comum	0,50	0,50	0,50	0,50
Vitamina C	0,45	0,45	0,45	0,45
Cloreto de colina	0,20	0,20	0,20	0,20
Propionato de Calcio	0,10	0,10	0,10	0,10
Hidroxitolueno butilato	0,05	0,05	0,05	0,05
Nutrientes calculados (%)				
Amido	22,87	22,86	21,83	23,99
Cálcio	1,08	0,87	0,73	0,89
Fósforo total	0,90	0,90	0,90	0,90
Gordura	8,00	8,00	8,00	8,00
Energia digestível (kcal kg)	4566,98	4612,95	4191,37	4581,03
Proteína bruta	41,60	41,35	45,81	41,55
Gordura total	4,86	5,80	7,29	6,91

¹Níveis de garantia por quilograma do produto: vit. A - 500.000 UI; vit. D₃ - 200.000 UI; vit. E - 5.000 mg; vit. K₃ - 1.000 mg; vit. B₁ - 1.500 mg; vit. B₂ - 1.500 mg; vit. B₆ - 1.500 mg; vit. B₁₂ - 4.000 mg; ácido fólico - 500 mg; pantotenato de cálcio - 4.000 mg; vit. C - 15.000 mg; biotina - 50 mg; inositol - 10.000; nicotinamida - 7.000; colina - 40.000 mg; cobalto - 10 mg; cobre - 500 mg; ferro - 5.000 mg; iodo - 50 mg; manganês - 1.500 mg; selênio - 10 mg; zinco - 5.000 mg

Composição aminoacídica das dietas

A composição aminoacídica das dietas contendo proteínas hidrolisadas (Tabela 2) foi realizada pelo método HPLC - MA-009 (White et al., 1986; Hagenet al., 1989) por um laboratório comercial (CBO Análises Laboratoriais Ltda., Valinhos-SP).

Tabela 2: Perfil de aminoácidos livres das dietas contendo diferentes hidrolisados proteicos para avaliação de respostas comportamentais da alimentação de juvenis de bijupirá (*Rachycentron canadum*) baseado na matéria seca.

Composição Química	Farinha de peixe marinho (FPM)	Mucosa suína hidrolisada (MSH)	Farinha de penas hidrolisada (FPH)	Proteína de frango hidrolisada (PFH)
Histidina	1,31	1,31	1,48	1,36
Arginina	2,62	2,37	2,86	2,57
Treonina	1,86	1,91	2,20	1,89
Valina	2,66	2,63	3,27	2,59
Metionina	0,73	0,77	0,72	0,75
Isoleucina	1,62	1,55	1,76	1,56
Leucina	4,80	4,97	5,50	4,76
Fenilalanina	2,44	2,45	2,82	2,41
Lisina	2,44	2,35	2,54	2,45
ΣAE	20,48	20,31	23,15	20,34
Ácido Aspártico	3,94	3,87	4,39	3,96
Ácido Glutâmico	6,58	6,53	6,98	6,51
Serina	2,64	2,77	3,57	2,71
Glicina	2,81	2,41	2,88	2,6
Taurina	0,06	0,03	ND*	0,08
Alanina	3,24	3,12	3,46	3,13
Prolina	3,34	3,3	3,9	3,35
Tirosina	1,51	1,57	1,66	1,51
Cistina	0,73	0,69	0,78	0,74
ΣANE	24,85	24,29	27,62	24,59
Total	45,33	44,60	50,78	44,83

Classificação de aminoácidos essenciais e não essenciais segundo NRC (2011);

ΣAE: soma de aminoácidos essenciais;

ΣANE: soma de aminoácidos não essenciais;

*Não detectado.

Metodologia experimental

Os peixes passaram por um período de adaptação a presença humana e treinamento alimentar durante dez dias para o registro do comportamento alimentar dos animais e quantificação do número de pellets necessários para atingir a saciedade aparente. Durante o

treinamento os peixes foram alimentados com uma ração comercial com 43% de proteína bruta e diâmetro do pellet de 4,00 milímetros.

Após o período de adaptação iniciou-se o registro dos comportamentos alimentares dos animais. Todos os dias era realizado um sorteio do tratamento que cada peixe receberia. Cada alimentação foi observada por um período de três minutos a partir do mesmo instante que a ração foi introduzida nos tanques. Os parâmetros foram computados com o auxílio de uma planilha. O ensaio teve a duração de dez dias, totalizando 160 observações (quatro peixes x quatro alimentações = 16 ensaios por dia), para cada alimento testado obteve-se 40 ensaios de alimentação.

Durante o período experimental, os peixes foram alimentados quatro vezes ao dia nos respectivos horários: 08:00h, 11:00h, 14:00h e 17:00h. Os animais receberam o equivalente a 5,95% de seu peso vivo durante o dia, divididos em quatro refeições de 50 *pellets* cada, totalizando 200 *pellets* ao dia.

Para que não interferissem na observação subsequente, ao final de cada alimentação os *pellets* não consumidos foram removidos e ao fim do dia os tanques foram sifonados para remoção de excretas, além de uma renovação parcial da água.

A partir das observações foram examinados os seguintes comportamentos alimentares: (a) tempo para capturar o primeiro *pellet* (segundos); (b) número de rejeição de *pellets* após captura; (c) número de aproximações sem haver captura do *pellet* e (d) número de *pellets* consumidos.

Subsequentemente, determinamos a porcentagem de *pellets* ingeridos a partir do número total de *pellets* fornecidos em cada refeição. Baseado na porcentagem de *pellets* consumidos foi calculado o índice de palatabilidade (IP) dos hidrolisados, de acordo com a equação descrita por Kasumyan e Morsi (1996). O IP é proposto como uma estimativa quantitativa da preferência gustativa (em porcentagem), os valores do índice de palatabilidade variaram entre 100 e -100, utilizando a seguinte fórmula:

$$IP = ((R-C) / (R+C))*100$$

Onde:

IP (%): índice de palatabilidade;

R: consumo de *pellets* da ração teste;

C: consumo de *pellets* da ração controle.

Qualidade da água

Os parâmetros físico-químicos de qualidade de água foram mensurados diariamente: oxigênio dissolvido ($6,26 \pm 0,37 \text{ mg L}^{-1}$), pH ($7,48 \pm 0,23$), temperatura ($29,13 \pm 1,64 \text{ }^\circ\text{C}$), monitorados por meio de um multiparâmetro portátil (YSI[®] Professional Plus) e a salinidade ($32 \pm 0,9 \text{ g L}^{-1}$) através de refratômetro analógico (BEL[®] equipamentos). Os parâmetros encontram-se em níveis considerados ideais para a espécie (Denson et al., 2003; Sun & Chen, 2014).

Análise estatística

Foram avaliados os dados das variáveis tempo para capturar o primeiro *pellet* (segundos); número de rejeição de *pellet* após captura; número de aproximações sem haver captura do *pellet*; e número de *pellets* consumidos. Os pressupostos de normalidade dos resíduos e homocedasticidade de variância foram checados e a partir disto os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), quando constada diferença significativa, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. As análises foram efetuadas por meio do programa computacional Statistic 7.1 software[®] (Statsoft, 2005).

RESULTADOS

Embora não avaliados a partir da metodologia, é interessante relatar algumas observações relativas aos comportamentos dos animais no período experimental. O bijupirá é uma espécie dócil com alimentação bastante ativa, o qual demonstra uma capacidade de reconhecer o tratador e/ou o horário de alimentação, além disso, foi possível observar um tipo de “mastigação” das rações, os animais abocanhavam vários *pellets*, mordendo-os e cuspidos para novamente capturá-los e enfim ingerir o alimento.

O índice de palatabilidade (IP) foi positivo para todos os tratamentos (Tabela 3).

Foi observado nas dietas PFH e MSH diferença significativa ($P < 0,05$) em relação ao consumo de *pellets* perante as dietas FPH e FPM (Tabela 3).

Em relação ao número de rejeições após a captura do primeiro *pellet*, a dieta FPH apresentou significativamente ($P < 0,05$) maior número de rejeições perante os demais tratamentos (Tabela 3).

Não foram observadas diferenças estatísticas ($P > 0,05$) para as variáveis de tempo de captura do 1º *pellet* e número de aproximação sem captura do *pellet* (Tabela 3).

Tabela 3: Índice de palatabilidade e respostas comportamentais (média \pm desvio padrão) de juvenis de bijupirá (*Rachycentron canadum*) alimentados com dietas contendo diferentes hidrolisados proteicos.

Parâmetros*	FPM (controle)	FPH	MSH	PFH	P
IP (%)	0,00	2,28	11,92	16,29	
CP (%)	69,35 \pm 8,59b	67,80 \pm 7,27b	78,45 \pm 3,10a	82,20 \pm 5,93a	0,03
TCP (s)	4,19 \pm 0,91	6,39 \pm 2,16	5,36 \pm 1,28	6,34 \pm 3,31	0,12
NRAC	6,75 \pm 2,28a	11,93 \pm 0,62b	7,78 \pm 1,50a	7,72 \pm 2,05a	0,00
NASC	0,50 \pm 0,51	0,50 \pm 0,35	0,05 \pm 0,10	0,20 \pm 0,27	0,23

Abreviações: Abreviações: IP, índice de palatabilidade; CP, consumo de pellets; TCP, tempo de captura do primeiro pellet; NRAC, número de rejeições após a captura do pellet; NASC, número de aproximações sem captura do pellet; FPM: Farinha de peixe marinho; FPH: Farinha de penas hidrolisada; MSH: Mucosa suína hidrolisada; PFH: Proteína de frango hidrolisada. Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna, apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

DISCUSSÃO

Aliando IP's positivos em relação à dieta controle com a variável consumo de *pellets*, é possível considerar que as dietas PFH e MSH estimularam, significativamente, a alimentação do bijupirá. Sendo assim, tais ingredientes favoreceram a busca e o consumo das dietas, proporcionando aos indivíduos maior ingestão do alimento. Como pode ser visto, os ingredientes PFH e MSH, os quais também estimularam o comportamento alimentar da tilápia, apesar de ser uma espécie de hábito alimentar onívoro (Alves et al, 2019a; Alves et al, 2019b).

Dessa forma, salienta-se a importância da composição dos ingredientes e suas misturas, os quais podem agir de forma similar em animais com hábitos alimentares distintos, sugerindo que as preferências extraorais e gustativas se tornam extremamente fundamentais. O que indica a relevância das particularidades de comportamentos e padrões alimentares, os quais são diretamente associados às espécies e suas especificidades (Kasumyan & Döving, 2003).

Tendo em vista tais comportamentos, é relevante mencionar a capacidade de peixes ampliarem seus limites de saciedade quando ingerem alimentos mais atrativos e palatáveis, ou seja, o consumo de uma dieta com aroma e sabor mais preferível pela espécie será maior do que uma dieta desprovida dessas características (Ishiwata, 1968). Além do mais, é possível associar maiores atividades digestivas dos alimentos a partir de estímulos sensoriais provocados por dietas mais atrativas e palatáveis (Giduck, Threatte & Kare, 1987). Como mencionado por estudos utilizando tilápias, atribuindo a estes ingredientes bons índices de atração e palatabilidade (Alves et al., 2019a), bem como digestibilidade (Santos Cardoso et al., 2021).

Sendo assim, o principal fator mediador passível de modificações, de todos esses processos físicos e metabólicos será a composição dos ingredientes utilizados nas dietas. Associando índices satisfatórios de atração e palatabilidade à composição das dietas, sendo correlacionados ao perfil dos aminoácidos, bem como o baixo peso molecular dos peptídeos que compõe as dietas PFH e MSH, os quais são muito semelhantes ao perfil aminoacídico da dieta contendo farinha de peixe.

Contrastando os IP's com os dados de consumo de *pellets* torna-se evidente a relação entre as variáveis no processo avaliativo da dieta pelo peixe. No caso do bijupirá, significativamente ($P < 0,05$), o menor consumo entre as dietas alternativas foi observado na dieta FPH aquela com o menor IP, dentre as mesmas. Essa correlação entre variáveis será determinada, pela espécie e pelos limites entre substâncias atrativas e deterrentes que compõem as dietas (Kasumyan & Döving, 2003).

Com relação ao número de rejeições, no qual o animal expressa sua decisão final, nesse caso, rejeitando o item alimentar após as avaliações olfativas e gustativas, a dieta FPH demonstra o maior número de rejeições, seguindo a tendência demonstrada pela inferior quantidade de *pellets* consumidos, em relação às outras dietas contendo hidrolisados. Comportamentos observados em algumas espécies de peixes marinhos, as quais apresentam até dez vezes mais sensibilidade no sistema gustatório extraoral do que o sistema oral (Kasumyan, 1999), sugerindo que os aromas podem atrair os animais, mas isso não significa que esse item alimentar será efetivamente ingerido após a avaliação gustativa.

O aminoácido taurina não foi detectado na dieta contendo FPH (Tabela 2), a mesma dieta que apresentou, significativamente ($P < 0,05$) o menor consumo de *pellets* (%) e o maior número de rejeições, além do menor IP entre os ingredientes alternativos, demonstrando a inferioridade desta dieta dentre as ofertadas para juvenis de bijupirá. Com relação a taurina, estudos demonstram a importância e a capacidade deste aminoácido em melhorar, além de índices de desempenho, a palatabilidade de dietas baseadas em proteínas vegetais, principalmente em peixes carnívoros (Martinez, Chatzifotis, Divanach & Takeushi, 2004; Kim et al, 2005; Gaylord, Teague & Barrows, 2006; Watson, Barrows & Place, 2015) Além do mais, a partir de resultados preliminares, foi sugerido que a taurina pode ser considerado um aminoácido condicionalmente essencial para o bijupirá (Luger, McLean, Gaylord, Kuhn & Craig, 2008). Obviamente que esta afirmação será melhor esclarecida em futuros estudos. Entretanto, esta sugestão também pode ser amparada a partir dos dados observados no presente trabalho, como o baixo IP e os resultados significativamente inferiores nas variáveis consumo (%) e número de rejeições da dieta contendo FPH.

O tempo de captura do primeiro *pellet* é uma informação essencial para a avaliação de uma dieta. Tendo em vista que, a partir do primeiro contato com a água a dieta começa seu processo de deterioração e lixiviação, causando uma relação direta entre alimentação e qualidade de água (Eriegha & Ekokotu, 2017). Além disso, essa variável auxiliará na determinação da capacidade de atratividade da dieta, através do aroma e quando os botões gustativos dos animais entrarão em contato com a dieta, para efetivamente ser finalizada a avaliação do ingrediente pelos animais, através do paladar. Portanto, quanto menor for o tempo entre o contato da ração com a água (fornecimento) e sua ingestão pelo animal, menores serão as perdas por lixiviação, diminuindo a deterioração do ambiente de produção, bem como maior será a efetividade desta dieta sobre o desempenho zootécnico dos animais.

O número de aproximações sem captura do *pellet* fornece um parâmetro acerca, principalmente, sobre a incerteza relacionada ao alimento, demandando uma melhor avaliação do item alimentar pelo sistema extraoral. Quando comparado aos limites de sabores o espectro de aromas é maior, permitindo ao animal melhor discriminação entre os aromas emitidos pelo item alimentar (Valentinčič, 2004). Apesar da ausência de diferenças significativas entre as dietas, é possível observar que as dietas FPH e controle manifestaram consideráveis quantidades dessa variável, o que pode ser atribuído aos menores índices de aceitação das mesmas em relação a MSH e PFH, as quais demonstraram melhor desempenho no IP. Apesar das dietas despertarem um interesse inicial nos animais (olfato), quando as mesmas foram melhor avaliadas a partir de uma aproximação, os peixes decidiram mais vezes em não capturar o *pellet*, impedindo até sua avaliação oral, realizada pelos botões gustativos. Sendo assim, avaliando negativamente essas dietas, o que pode ser corroborado pelas outras variáveis (Tabela 3), principalmente pelo IP.

Do ponto de vista produtivo, os animais até podem ingerir dietas com baixa atração e palatabilidade, contudo, ela não terá seu máximo aproveitamento, visto que dietas com baixa palatabilidade levam o animal a saciedade com menor quantidade de alimento, ou seja, os peixes irão se alimentar em menor volume quando a dieta for deficiente dessas características e, diferentemente, de dietas com atração e palatabilidade melhores que influenciarão na melhor digestibilidade do alimento (Takeda & Takii, 1992).

Com relação às exigências aminoacídicas do bijupirá, pode ser destacado a diminuição do apetite da espécie, quando o mesmo alimenta-se de dietas desbalanceadas, principalmente quanto a relação lisina/arginina, podendo causar até a redução do crescimento dos animais (Van Nguyen et al., 2013). Em uma vertente de desbalanceamento aminoacídico, destaca-se a dieta FPH (penas), a qual demonstrou redução no apetite (Tabela

3). Tal resultado pode ser atribuído a não detecção da taurina e/ou a própria configuração química da matéria prima utilizada nesta dieta, basicamente penas oriundas do abate de frangos. As penas são estruturas protéicas ricas em prolina, serina e cistina, aminoácidos constituintes das β -queratinas, proteínas e aminoácidos que apesar da hidrólise demonstram baixa aceitabilidade por parte de algumas espécies de peixes e crustáceos (Al-Souti et al., 2019; Suresh & Nates 2011).

De maneira geral, tais informações servem como um indicativo favorável para a continuidade das avaliações destes ingredientes (digestibilidade, higidez e desempenho produtivo) visando sua inclusão em dietas para peixes carnívoros.

CONCLUSÃO

Os hidrolisados MSH e PFH demonstraram melhores índices de aceitação viabilizando a inclusão de 10% nas dietas, podendo ser um potencial estimulante alimentar para o bijupirá.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o Laboratório Nacional de Aquicultura Marinha - LANAM, a prefeitura municipal de Ilha Comprida – SP, a Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho Campus de Registro – SP, o Grupo de Estudos de Manejo na Aquicultura - GEMAQ e Universidade do Estado do Oeste do Paraná, UNIOESTE - Toledo, pela disponibilização de estruturas, laboratórios e equipe técnica. Nossos agradecimentos à empresa Brasil Foods S / A (setor BRF® Ingredientes) pela doação dos ingredientes e suporte técnico. O presente estudo foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código Financiador 001.

DISPONIBILIDADE DE DADOS

Temos o prazer de informar que nossos dados experimentais estão à disposição para qualquer solicitação ou dúvida.

CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram que não têm interesses conflitantes.

REFERÊNCIAS

- Al-Souti, A., Gallardo, W., Claereboudt, M., & Mahgoub, O. (2019). Attractability and palatability of formulated diets incorporated with chicken feather and algal meals for juvenile gilthead seabream, *Sparus aurata*. *Aquaculture Reports*, 14, 100199. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2019.100199>
- Alves, D.R.S., de Oliveira, S.R., Luczinski, T.G., Paulo, I.G.P., Boscolo, W.R., Bittencourt, F., Signor, A., (2019a). Palatability of protein hydrolysates from industrial byproducts for Nile tilapia juveniles. *Animals* 9, 311. [doi:10.3390/ani9060311](https://doi.org/10.3390/ani9060311). <https://doi.org/10.3390/ani9060311>
- Alves, D.S., da Silva, T.C., Rocha, J.M., de Oliveira, S., Signor, A., Boscolo, W.R., (2019b). Compelling palatability of protein hydrolysates for Nile tilapia juveniles. *Latin American Journal Aquatic Research* 47, 371–376. [doi:10.3856/vol47-issue2-fulltext-19](https://doi.org/10.3856/vol47-issue2-fulltext-19). <https://doi.org/10.3856/vol47-issue2-fulltext-19>.
- Benetti, D. D. (2010). Continuing and advancing the development of cobia (*Rachycentron canadum*) aquaculture technology from hatchery to market. *Progress Report NOAA Grant NA08OAR4170826*.
- Bui, H. T. D., Khosravi, S., Fournier, V., Herault, M., & Lee, K. J. (2014). Growth performance, feed utilization, innate immunity, digestibility and disease resistance of juvenile red seabream (*Pagrus major*) fed diets supplemented with protein hydrolysates. *Aquaculture*, 418, 11-16. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.09.046>
- Craig, S. R., Schwarz, M. H., & McLean, E. (2006). Juvenile cobia (*Rachycentron canadum*) can utilize a wide range of protein and lipid levels without impacts on production characteristics. *Aquaculture*, 261(1), 384-391. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.08.004>
- Denson, MR, Stuart, KR, Smith, TI, Weirlich, CR, & Segars, A. (2003). Efeitos da salinidade no crescimento, sobrevivência e parâmetros hematológicos selecionados de juvenis de cobia *Rachycentron canadum*. *Journal of the World Aquaculture Society* , 34 (4), 496-504. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2003.tb00088.x>
- dos Santos Cardoso, M., Godoy, A. C., Oxford, J. H., Rodrigues, R., dos Santos Cardoso, M., Bittencourt, F., ... & Feiden, A. (2021). Apparent digestibility of protein hydrolysates from chicken and swine slaughter residues for Nile tilapia. *Aquaculture*, 530, 735720. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735720>
- Eriegha, O. J., & Ekokotu, P. A. (2017). Factors affecting feed intake in cultured fish species: A review. *Animal Research International*, 14(2), 2697-2709. eISSN: 1597-3115
- Faulk, C. K., & Holt, G. J. (2006). Responses of cobia *Rachycentron canadum* larvae to abrupt or gradual changes in salinity. *Aquaculture*, 254(1-4), 275-283. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.10.046>

Food and Agriculture Organization of the United Nations. *The State of World Fisheries and Aquaculture: Meeting the sustainable development goals*. Rome, 2018

Gaylord, TG, Teague, AM, & Barrows, FT (2006). Suplementação de taurina em dietas totalmente protéicas de plantas para a truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of the World Aquaculture Society* , 37 (4), 509-517. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2006.00064.x>

Giduck, S. A., Threatte, R. M., & Kare, M. R. (1987). Cephalic reflexes: their role in digestion and possible roles in absorption and metabolism. *The Journal of nutrition*, 117(7), 1191-1196. <https://doi.org/10.1093/jn/117.7.1191>

Holt, G. J., Faulk, C. K., & Schwarz, M. H. (2007). A review of the larviculture of cobia *Rachycentron canadum*, a warm water marine fish. *Aquaculture*, 268(1-4), 181-187. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.04.039>

Ishiwata, N. (1968). Ecological studies on the feeding of fishes. Part VI. External factors affecting satiation amount. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 34, 785-791.

Kasumyan, A. O. (1999). Olfaction and taste senses in sturgeon behaviour. *Journal of Applied Ichthyology*, 15(4-5), 228-232. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.1999.tb00240.x>

Kasumyan, A. O., & Döving, K. B. (2003). Taste preferences in fishes. *Fish and fisheries*, 4(4), 289-347. <https://doi.org/10.1046/j.1467-2979.2003.00121.x>

Kasumyan, A. O., & Morsi, A. K. (1996). Taste sensitivity of common carp *Cyprinus carpio* to free amino acids and classical taste substances. *Journal of Ichthyology*, 36(5), 391-403.

Khosravi, S., Rahimnejad, S., Herault, M., Fournier, V., Lee, C. R., Bui, H. T. D., ... & Lee, K. J. (2015). Effects of protein hydrolysates supplementation in low fish meal diets on growth performance, innate immunity and disease resistance of red sea bream *Pagrus major*. *Fish & shellfish immunology*, 45(2), 858-868. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2015.05.039>

Kim, S. K., Takeuchi, T., Akimoto, A., Furuita, H., Yamamoto, T., Yokoyama, M., & Murata, Y. (2005). Effect of taurine supplemented practical diet on growth performance and taurine contents in whole body and tissues of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. *Fisheries Science*, 71(3), 627-632. <https://doi.org/10.1111/j.1444-2906.2005.01008.x>

Li, Z. Y., Youravong, W., & Aran, H. (2010). Protein hydrolysis by protease isolated from tuna spleen by membrane filtration: a comparative study with commercial proteases. *LWT- Food Science and Technology*, 43(1), 166-172. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.07.002>

Liao, I. C., & Leaño, E. M. 2007. *Cobia aquaculture: research, development and commercial production*. Baton Rouge: World Aquaculture Society, 178pp.

Lunger, A. N., McLean, E., Gaylord, T. G., Kuhn, D., & Craig, S. R. (2007). Taurine supplementation to alternative dietary proteins used in fish meal replacement enhances growth of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). *Aquaculture*, 271(1-4), 401-410. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.07.006>

Martinez, J. B., Chatzifotis, S., Divanach, P., & Takeuchi, T. (2004). Effect of dietary taurine supplementation on growth performance and feed selection of sea bass *Dicentrarchus labrax* fry fed with demand-feeders. *Fisheries science*, 70(1), 74-79. <https://doi.org/10.1111/j.1444-2906.2003.00773.x>

Mullen, A. M., Álvarez, C., Zeugolis, D. I., Henchion, M., O'Neill, E., & Drummond, L. (2017). Alternative uses for co-products: Harnessing the potential of valuable compounds from meat processing chains. *Meat Science*, 132, 90-98. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.04.243>

National Research Council. (2011). *Nutrient requirements of fish and shrimp*. National academies press.

Olsen, K. H., Lundh, T. (2016). Feeding stimulants in an omnivorous species, crucian carp *Carassius carassius* (Linnaeus 1758). *Aquaculture Reports*, 4, 66–73.

<https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2016.06.005>

Ostrensky, A., BORGUETTI, J., & Soto, D. (2008). Aquicultura no Brasil: o desafio é crescer. Brasília: Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca. *Food and Agriculture Organization*. 276p.

Pereira-da-Silva, E. M., & Pezzato, L. E. (1999). Comportamento alimentar da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) frente a diferentes ingredientes alimentares. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 21, 297-301.

Sun, L., & Chen, H. (2014). Efeitos da temperatura da água e do tamanho dos peixes no crescimento e bioenergética de cobia (*Rachycentron canadum*). *Aquaculture*, 426, 172-180. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.02.001>

Suresh, A. V., & Nates, S. (2011). Attractability and palatability of protein ingredients of aquatic and terrestrial animal origin, and their practical value for blue shrimp, *Litopenaeus stylirostris* fed diets formulated with high levels of poultry byproduct meal. *Aquaculture*, 319(1-2), 132-140. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.06.039>

Takeda M., & Takii K. (1992). Gustation and nutrition in fishes: application to aquaculture. In: Hara T.J. (eds) *Fish Chemoreception*. Fish & Fisheries Series, vol 6. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-011-2332-7_13

Valentinčič, T. (2004). Taste and olfactory stimuli and behavior in fishes. In *The Senses of Fish* (pp. 90-108). Springer, Dordrecht.

Van Nguyen, M., Jordal, A. E. O., Espe, M., Buttle, L., Van Lai, H., & Rønnestad, I. (2013). Feed intake and brain neuropeptide Y (NPY) and cholecystokinin (CCK) gene expression in juvenile cobia fed plant-based protein diets with different lysine to arginine ratios. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 165(3), 328-337. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2013.04.004>

Watson, A. M., Barrows, F. T., & Place, A. R. (2015). Leaching of taurine from commercial type aquaculture feeds. *Aquaculture Research*, 46(6), 1510-1517. <https://doi.org/10.1111/are.12309>

Wisuthiphaet, N., Kongruang, S., & Chamcheun, C. (2015). Production of fish protein hydrolysates by acid and enzymatic hydrolysis. *J. Medical Bioeng*, 4. [doi:10.12720/jomb.4.6.466-470](https://doi.org/10.12720/jomb.4.6.466-470)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*) é uma espécie de comportamento alimentar voraz, com características hierárquicas dentro de um ambiente confinado. O bijupirá (*Rachycentron canadum*) é um peixe dócil, que apresenta extrema aceitação e facilidade para alimentação com rações extrusadas em sistemas fechados de produção.

O potencial produtivo inerente as espécies estudadas, bem como o a demanda por esclarecimentos sobre sua nutrição e a necessidade de alternativas para a substituição da farinha de peixe das dietas para peixes carnívoros evidenciam a importância de informações relativas ao comportamento alimentar dos animais.

Tendo em vista ao máximo aproveitamento dos nutrientes oriundos de dietas extrusadas, torna-se indispensável o a investigação da relação entre ingredientes e preferências atrativas e gustativas de cada espécie.

A utilização de co-produtos agroindustriais na alimentação de peixes é uma alternativa que pode inferir diretamente em campos extremamente sensíveis no atual cenário de proteínas animais, tendo a sustentabilidade e ordenamento das cadeias produtivas tanto de animais terrestres quanto para a aquicultura como principal foco.