

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CÂMPUS DE DRACENA

Affonso Gama Souza Pinheiro

Médico Veterinário

**EFEITO DE NÍVEIS DE FIBRA DIETÉTICA DO RESÍDUO DE
MARACUJÁ NA ALIMENTAÇÃO DE TAMBÁQUI
(*COLOSSOMA MACROPOMUM*, CURVIER 1818)**

Dracena

2023

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CÂMPUS DE DRACENA

Affonso Gama Souza Pinheiro

Médico Veterinário

**EFEITO DE NÍVEIS DE FIBRA DIETÉTICA DO RESÍDUO DE
MARACUJÁ NA ALIMENTAÇÃO DE TAMBAQUI
(*COLOSSOMA MACROPOMUM*, CURVIER 1818)**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas – Unesp - Campus de Dracena, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Animal.

Orientador: Prof. Assoc. Leonardo Susumu Takahashi

Dracena
2023

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvida pela Seção Técnica de Biblioteca e Documentação
Campus de Dracena

P654e

Pinheiro, Affonso Gama Souza .

Efeito de níveis de fibra dietética do resíduo de maracujá na alimentação de tambaqui (*Colossoma Macropomum*, Curvier 1818) / Affonso Gama Souza Pinheiro. -- Dracena: [s.n.], 2023.
52 f. : il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Dracena. Área do conhecimento: Produção Animal, 2023.

Orientador: Leonardo Susumu Takahashi

1. Resíduos agrícolas. 2. Lipídeos – metabolismo. 3. Metabólitos. I. Título.

Bibliotecário Fábio S. Rosas
CRB 8/6665

IMPACTO ESPERADO NA SOCIEDADE

O estudo realizado apresenta um impacto importante na sociedade, pelo fato de possibilitar a utilização de resíduo agroindustrial do maracujá em dietas de tambaquis. O resíduo quando descartado de forma incorreta pode causar prejuízos ambientais, no entanto, quando escoado de forma correta proporciona onerosos custos. Desta forma, a inclusão na dieta de peixes favorece uma melhor utilização do resíduo, além de ocasionar benefícios ao animal e permitir um valor agregado no ingrediente testado favorecendo assim a economia circular.

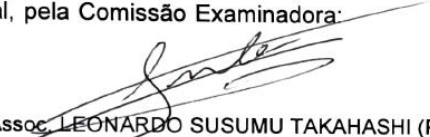
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

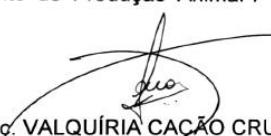
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Efeito de níveis de fibra dietética do resíduo de maracujá na alimentação de tambaqui (*Colossoma macropomum*, Curvier 1818).

AUTOR: AFFONSO GAMA SOUZA PINHEIRO

ORIENTADOR: LEONARDO SUSUMU TAKAHASHI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciência e Tecnologia Animal, pela Comissão Examinadora:


Prof. Assoc. LEONARDO SUSUMU TAKAHASHI (Participação Presencial)
Departamento de Produção Animal / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas - FCAT - UNESP Dracena


Profa. Assoc. VALQUÍRIA CAÇÃO CRUZ-POLYCARPO (Participação Presencial)
Departamento de Produção Animal - DPA / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena - FCAT - UNESP – Dracena

Prof. Dr. EDUARDO PAHOR FILHO (Participação Virtual)
Departamento de Zootecnia / Universidade Federal de São João del Rei



Documento assinado digitalmente

EDUARDO PAHOR FILHO

Data: 14/08/2023 18:24:41-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dracena, 02 de agosto de 2023

DADOS CURRICULARES DO ALUNO

Affonso Gama Souza Pinheiro, nascido em Igarapava, SP, concluiu sua graduação em Medicina Veterinária em 2019 na Faculdade Doutor Francisco Maeda - FAFRAM, localizada no município de Ituverava, SP. Durante os cinco anos de graduação, teve a oportunidade de realizar estágios profissionalizantes focados na produção animal. Após a formatura, iniciou sua carreira como auxiliar piscícola na piscicultura Sobradinho, em Buritizal, onde contribuiu para as atividades diárias da piscicultura e prestou serviços em diversos setores. No segundo ano após a formatura, assumiu o cargo de gerente e responsável técnico na granja de suínos Vale do Tucum, localizada no município de Gurupi, TO. Atualmente, é discente do Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia Animal na Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas - UNESP Campus de Dracena. Em agosto de 2023, submeteu sua dissertação à banca examinadora.

DEDICATÓRIA

Dedico:

A Deus, minha família e aos meus amigos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, expresso minha profunda gratidão a Deus por sua constante ajuda em diversos momentos difíceis ao longo desta jornada. Sou imensamente grato à minha família, em especial à minha querida mãe Maria, às minhas irmãs, Elizabete e Eliane, aos meus sobrinhos Luís e Laura, bem como ao meu cunhado, Alex. Suas presenças têm sido fonte inestimável de conselhos, apoio, motivação, companheirismo. Agradeço, ao meu pai Jorge Pinheiro (*in Memoriam*) por ter sido um grande incentivador de minha resiliência e determinação.

Aos meus queridos amigos do Laboratório de Nutrição e Metabolismo Animal, Hugo e Gabriela, não há palavras suficientes para expressar o quanto sou grato pela inestimável ajuda e apoio que vocês me proporcionaram durante todo o período de pós-graduação. Além disso, gostaria de mencionar e agradecer em especial a João Pedro e Cesar Augusto, que foram fundamentais em me auxiliar no experimento. Aos meus amigos do Laboratório de Tilapicultura, Thaise, Douglas, Maria Karoline e Luiz, gostaria de expressar minha sincera gratidão pelo apoio e pela parceria ao longo de nossos dias de trabalho. Agradeço de todo coração a cada integrante do grupo de aquicultura da UNESP de Dracena - GAUD. Sem dúvida, vocês foram uma peça fundamental em minha jornada e me proporcionaram ajuda e apoio de várias maneiras ao longo do tempo.

Gostaria de expressar minha profunda gratidão ao Professor Leonardo Susumu Takahashi por toda orientação, apoio, paciência, dedicação e compreensão ao longo do meu percurso acadêmico. Sua confiança depositada em mim foi um incentivo fundamental para meu desenvolvimento.

Agradeço a todos os professores e professoras que se disponibilizaram a me ajudar nessa jornada acadêmica. Em especial, quero expressar minha gratidão à Professora Valquiria Cação Cruz-Polycarpo e ao Professor Urbano dos Santos Ruiz pelo apoio e orientação que me ofereceram em relação ao meu projeto de mestrado. Suas contribuições foram fundamentais para o desenvolvimento e sucesso do trabalho. Além disso, gostaria de estender meus sinceros agradecimentos a todos os técnicos e funcionários da FCAT - UNESP pelo valioso auxílio e apoio que ofereceram ao longo de toda essa jornada.

Agradeço aos meus queridos amigos da República 4 de Paus e Entrometeu por tudo o que compartilhamos juntos. Nossa amizade é uma fonte inestimável de aprendizado, confiança, convivência e de inúmeras histórias.

“O futuro pertence àqueles que acreditam na beleza de seus sonhos.”

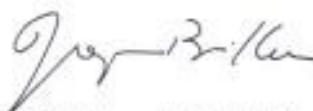
Abraham Lincoln

Comissão de Ética no Uso de Animais

Certificado

Certificamos que a proposta intitulada "Avaliação de níveis de fibra dietética e inclusão de probiótico no desempenho produtivo e saúde intestinal de tambaquis (*Colossoma macropomum*)."
(**Evaluation of dietary fiber levels and probiotic inclusion in the productive performance and intestinal health of tambaqui (*Colossoma macropomum*)**), registrada com o nº 03/2023.r1 – CEUA, sob a responsabilidade do(a) Prof(a). Dr(a). **Leonardo Susumu Takahashi** – que envolve a produção, manutenção ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto humanos), para fins de **pesquisa científica** – encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovada pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS – CEUA da Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas da UNESP - Câmpus de Dracena, em **11/04/2023**.

Dracena, 11 de abril de 2023.



Prof.ª Dra Jaqueline Dalbello Biller

Presidente da Comissão de Ética no Uso de Animais

RESUMO

Trabalhos demonstram benefícios da utilização de resíduos agroindustriais ricos em fibras dietéticas na alimentação de peixes, entretanto, estudos são necessários para elucidar seus efeitos na digestibilidade de nutrientes em peixes nativos, como o tambaqui (*Colossoma macropomum*), um peixe onívoro com tendência a frugívoro. Este estudo teve como objetivo avaliar os diferentes níveis de fibras dietéticas totais e seus efeitos na digestibilidade aparente, desempenho produtivo e parâmetros bioquímicos em juvenis de tambaqui. Inicialmente foi realizada a caracterização bromatológica de ingredientes (resíduos agroindustriais) oriundos de culturas agrícolas de impacto econômico no país. Em seguida, foi conduzido um experimento em delineamento inteiramente casualizado com 5 tratamentos e 4 repetições, correspondendo aos cinco níveis de fibra dietética total (FDT) (10,2%, 13,7%, 15,9%, 20,9%, e 23,5%). A determinação da digestibilidade aparente das dietas foi realizada através do método indireto de coleta de fezes, com a inclusão de 1% de óxido de cromo III (Cr_2O_3), e coletas de fezes por meio do sistema Guelph modificado. Após 60 dias de alimentação, foi realizada a biometria final e coleta de fígado e sangue, para realização das análises de glicose, colesterol, albumina, triglicerídeos e determinação do índice hepatossômico (IHS) e índice gorduroviscerosômico (IGVS). Os dados foram submetidos aos testes de normalidade (teste de Shapiro Wilk) e homocedasticidade (teste de Barlett) das variâncias. Em seguida os resultados foram submetidos a ANOVA e teste de Tukey (5%). Foi possível observar que os níveis de fibra dietética total não interferiram no CDA_{PB} (Coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta) e CDA_{MM} (Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria mineral) ($p>0,05$) dos peixes. Os CDA_{MS} (Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca) e CDA_{EB} (Coeficiente de digestibilidade aparente da energia bruta) apresentaram diminuição a partir do nível de 15,9% de FDT, e o CDA_{MO} (Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria orgânica) demonstraram redução com 13,6% de FDT ($p<0,05$). No desempenho produtivo não foram observadas diferenças ($p>0,05$) entre os níveis de fibra dietética. Nos parâmetros bioquímicos não foi encontrada diferença na glicose plasmática ($p<0,05$), mas no colesterol, triglicerídeos e albumina foram observadas menores médias ($p<0,05$) a partir de 13,7%. As variáveis IGVS e IHS apresentaram diferenças ($p<0,05$), com redução nos valores de IGVS a partir de 13,7% e de IHS com 15,9% de FDT. Com 20,9% de FDT foi observada redução no triglicerídeos, colesterol e albumina, além de diminuição no IGVS e IHS sem ocasionar interferência no desempenho produtivo. Portanto, os níveis de fibra dietética total de 20,9% e 23,5% apresentaram ser os melhores níveis para alimentação de tambaqui.

Palavras-chave: Resíduos agrícolas. Lipídeos – metabolismo. Metabólitos.

ABSTRACT

Studies demonstrate benefits of using agro-industrial residues rich in dietary fiber in fish feeding, however, studies are needed to elucidate their effects on nutrient absorption and digestibility in native fish, such as tambaqui (*Colossoma macropomum*), an omnivorous fish with a tendency to be frugivorous. Thus, this study aimed to evaluate the different levels of total dietary fiber and their effects on apparent digestibility, productive performance and biochemical parameters in tambaqui juveniles. Initially, the bromatological characterization of ingredients (agro-industrial residues) from agricultural crops with an economic impact in the country was carried out. After choosing the ingredient used as a source of fiber in the experimental diets, an experiment was conducted in a completely randomized design with 5 treatments and 4 replications each, corresponding to the five levels of total dietary fiber (TDF) (10.2%, 13.7%, 15.9%, 20.9%, and 23.5%). The determination of the apparent digestibility of the diets was carried out using the indirect method of feces collection, inclusion of 1% chromium III oxide (Cr_2O_3), and fecal collections using the modified Guelph system. After 60 days of feeding, the fish underwent final biometry and liver and blood collection, followed by analyzes of glucose, cholesterol, albumin, triglycerides and determination of the hepatosomatic index and fatty-viscerosomatic index. The data were subjected to normality tests (Shapiro Wilk test) and homoscedasticity (Barlett test) of variances. Then the results were analyzed using one-way ANOVA and means comparison test using the Tukey test (5%). It was possible to observe that the levels of total dietary fiber did not interfere with CDAPB (Crude Protein Digestibility Coefficient) and CDAMM (Mineral Matter Digestibility Coefficient) ($p>0.05$) of the fish. The CDAMS (Dry Matter Digestibility Coefficient) and CDAEB (Gross Energy Digestibility Coefficient) exceeded the level of 15.9% of FDT, and the CDAMO (Organic Matter Digestibility Coefficient) demonstrated a reduction of 13.6% FDT ($p<0.05$). The results in productive performance made no difference ($p>0.05$) in the different levels of dietary fiber. In biochemical parameters, no difference was found in plasma glucose ($p<0.05$), cholesterol, triglycerides and albumin present statistical differences ($p<0.05$), both presented statistical differences ($p<0.05$), and a drop in IGV indices from the level of 13.7% and the IHS with 15.9% FDT. Demonstrating direct interference with lipogenesis indicators. With 20.9% of total dietary fiber, a reduction in triglycerides, cholesterol and albumin was observed, in addition to a reduction in IGVS and IHS without causing interference in performance, making the use of dietary energy more efficient. Therefore, total dietary fiber levels of 20.9% and 23.5% were the best levels for feeding tambaqui.

Keywords: Agricultural residues. Lipid metabolism. Metabolites.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Resíduos originados da extração de polpas de vegetais: (cascas de maracujá; cascas e resíduos de tubérculos de mandioca; semente de açaí; cascas e resíduos de polpa de abacaxi; cascas de cupuaçu; cascas e resíduos de polpas de laranja).....27
- Figura 2** - Analisador de fibras dietéticas, modelo ANKOM^{TDF}.....27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Indicadores de qualidade da água durante o período experimental	25
Tabela 2 - Composição bromatológica dos resíduos agroindustriais	26
Tabela 3 - Formulação e composição das dietas experimentais	29
Tabela 4 - Coeficientes de digestibilidade aparente de juvenis de tambaquis (<i>Colossoma macropomum</i>) após 60 dias de alimentação com níveis de fibra dietéticas totais	33
Tabela 5 - Desempenho produtivo de juvenis de tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>) após 60 dias de alimentação com níveis de fibra dietéticas totais	36
Tabela 6 - Metabólitos sanguíneos e reservas energéticas de juvenis de tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>) após 60 dias de alimentação com níveis de fibra dietéticas totais	38

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
2 REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 A espécie tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i> , CUVIER, 1818)	17
2.2 Resíduos agroindustriais	19
2.3 Fibra dietética	21
3 OBJETIVO.....	24
3.1 Objetivo geral	24
3.2 Objetivos específicos.....	24
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	24
4.1 Comissão de ética.....	24
4.2 Instalações e condições experimentais	24
4.3 Protocolo experimental.....	25
4.4 Caracterização dos ingredientes	26
4.5 Dietas experimentais.....	28
4.6 Manejo dos peixes e das fezes coletadas	30
4.7 Variáveis de avaliação	31
4.7.1 Análise bromatológicas e coeficientes de digestibilidade.....	31
4.7.2 Desempenho produtivo	31
4.7.3 Indicadores bioquímicos e reservas energéticas	32
4.7.4 Delineamento e análises estatísticas	32
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
5.1 Digestibilidade aparente	33
5.2 Desempenho produtivo	36
5.3 Indicadores bioquímicos e reservas energéticas.....	38
6 CONCLUSÃO	40
7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

1 INTRODUÇÃO

A aquicultura vem crescendo nos últimos anos, demonstrando ser um empreendimento mundial próspero para o fornecimento de alimentos (GARLOCK *et al.*, 2020), destinando 87,5 milhões de toneladas de organismos aquáticos para alimentação humana. A piscicultura, por sua vez, é a atividade de produção mais predominante da aquicultura e apesar do crescimento em 2,7% em 2020, a criação de peixes representou 66% do total produzido pela aquicultura (FAO, 2022), alcançado 57,5 milhões de toneladas com o valor de mercado de 146,1 bilhões de dólares. Deste montante, 49,1 milhões de toneladas são originadas da piscicultura de água doce.

O Brasil é o décimo terceiro maior mercado global na aquicultura, e a piscicultura de água doce atende grande parte do mercado nacional. A tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) lidera com 62,3% do total de peixes produzidos, e logo em seguida está o tambaqui (*Colossoma macropomum*) com 18,2% sendo a espécie nativa mais produzida no Brasil (CNA, 2021; FAO, 2022).

Atualmente, o cultivo intensivo de tilápia apresenta um pacote tecnológico mais desenvolvido, havendo um avanço na nutrição, reprodução e saúde contra patógenos, por sua vez a produção de peixes nativos apresenta um desenvolvimento menor em função da baixa evolução em sua tecnificação (VALLADÃO *et al.*, 2018).

A produção aquícola pode utilizar recursos naturais não renováveis e, portanto, o uso desses componentes pode influenciar de forma negativa a biodiversidade (NAYLOR *et al.*, 2000). Por outro lado, a aquicultura possibilita uma forma de cultivo mais sustentável, favorecendo uma melhor utilização de nutrientes, além de poder conservar o solo e a água, aumentando dessa forma o crescimento dessa atividade (PETERSEN; SNAPP, 2015).

Com intuito de promover maior sustentabilidade na produção e redução na liberação de gases do efeito estufa, a utilização com maior eficiência de materiais primários pode atenuar os resíduos em meios de cultivo (GASCO *et al.*, 2020). O uso de resíduos da agroindústria favorece a economia circular, além de evidenciar e valorizar esses ingredientes (STEVENS *et al.*, 2018). Além disso, viabiliza meios de incluir fontes renováveis e de baixo custo na alimentação animal sendo um excelente caminho para uma produção sustentável de peixes.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A Espécie Tambaqui (*Colossoma macropomum*, CUVIER, 1818)

O tambaqui, *Colossoma macropomum* é um peixe de escamas com a forma corpórea arredondada, oriundo da bacia Amazônica e Rio Orinoco, difundido nacionalmente, principalmente nas regiões Norte, Centro Oeste, Nordeste e nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Paraná. A espécie é pertencente à família Characidae, subfamília Serrasalminae (GOMES *et al.*, 2010, VALLADÃO *et al.*, 2018). Em seu meio natural pode chegar aproximadamente à um metro de comprimento e pesar de 30 a 40 kg (GOULDING; CARVALHO, 1982). É uma espécie bastante resistente a baixos níveis de oxigênio e suportam valores de 1 mg L⁻¹ de oxigênio, apresentando uma característica anatômica de expandir o lábio inferior quando submetidos à níveis críticos de oxigênio para obtenção do mesmo (ARAÚJO-LIMA; GOLUDING, 1998). E quanto ao pH e amônia tóxica, essa espécie é mais adaptada ao meio quântico ácido, com o pH em torno de 4 a 6, e amônia tóxica podendo aproximar-se ao nível de 0,46 mg L⁻¹ de amônia não ionizada (ARIDE *et al.*, 2007; ISMIÑO-ORBE *et al.*, 2003).

É uma espécie muito apreciada pela culinária, principalmente na região norte do país, além de possuir um ótimo valor de mercado é essencial para a economia local. Nos dias atuais, a produção de peixes nativos atingiu 267.060 toneladas. A região norte do país representa 31,04% do mercado nacional de peixes nativos, sendo o estado de Rondônia o maior produtor com 57.200 toneladas em 2022 e grande parcela desse valor composto pelo tambaqui (PEIXE BR, 2023). O tambaqui é classificado como onívoro tendenciando a herbívoro, sendo filtrador e frugívoro com elevada capacidade de digerir tanto proteína de origem animal quanto vegetal (NUNES *et al.*, 2006). Em épocas mais chuvosas ou de cheias em seu ambiente natural, prevalece a alimentação com frutas e sementes devido às inundações e frutificação das florestas. Em períodos de seca, a alimentação se baseia em algas, insetos, moluscos, macrófitas e até mesmo, peixes menores (FRACALLOSSI, 2013).

Devido ao hábito alimentar natural, os seus dentes são de formato molariformes adequados para alimentação de nozes rígidas, além da

capacidade de capturar e utilizar o zooplâncton como fonte de nutrientes (GOULDING; CARVALHO, 1982). O tambaqui possui um estômago com grande capacidade de armazenamento, e sua anatomia estomacal é definida em região cárdica, fúndica e pilórica (COSTA *et al.*, 2015). Na sequência do trato gastrintestinal, há os cecos pilóricos variando em quantidade de 43 a 75, a sua função é semelhante as porções intestinais anexas. O intestino é longo com o comprimento de 2 a 2,5 vezes o tamanho do animal (HONDA, 1974; ROTTA, 2003). A atividade enzimática está presente em diferentes regiões do trato gastrintestinal, com a amilase presente em praticamente todas as regiões do sistema digestório; maltase, se encontrando principalmente na região dos cecos pilóricos, intestino proximal e distal; protease ácida, com atividade unicamente no estômago e, tripsina e quimiotripsina, a partir dos cecos pilóricos e na região proximal e distal do intestino (CORRÊA *et al.*, 2007). Portanto, com essas variações enzimáticas por todo seu trato gastrintestinal, a espécie se adapta muito bem às mudanças alimentares (ALMEIDA *et al.*, 2006).

A fácil adaptação alimentar da espécie possibilita a oportunidade de buscar ingredientes alternativos e de baixo custo, para que sejam constituídas dietas que permitam sucesso no cultivo da espécie e maior sustentabilidade na produção (BRABO *et al.*, 2021), visto que os custos oriundos da nutrição chegam a mais de 70% da produção. Estudos vêm sendo realizados para que seja possível a substituição de ingredientes tradicionais ou até mesmo a inclusão de ingredientes funcionais que possam baratear os onerosos custos e atuar de forma benéfica no desempenho produtivo, já que o tambaqui, em seu meio natural, se alimenta de fontes ricas em carboidratos e fibras (DA SILVA *et al.*, 2000; OGUNKALU, 2019).

Estudos vêm sendo realizados com diferentes fontes alternativas de alimentos fibrosos na alimentação do tambaqui. Muitos desses ingredientes testados são oriundos da agroindústria de polpas de frutas como o abacaxi, maracujá, cupuaçu, goiaba e coco (LERMOS *et al.*, 2011; ARAÚJO *et al.*, 2020; PEREIRA *et al.*, 2022; XAVIER *et al.*, 2016). Assim, o uso de alimentos ricos em fibras pode proporcionar efeitos prebióticos, favorecendo o desempenho produtivo do animal (MOMBACH *et al.*, 2020).

2.2 Resíduos Agroindustriais

Os resíduos agroindustriais ou coprodutos são obtidos através de processos da agroindústria, podendo ser na extração de óleos, sucos, vegetais em conserva, tubérculos e até mesmo raízes (PINOTTI *et al.*, 2020). Esses elementos possuem altos níveis de umidade, podendo chegar até 85% (MYER *et al.*, 1999). Estima-se que a extração da polpa e de suco resulte em torno de 30 a 40% de resíduos. A perda de alimentos, por desperdício, produzidos mundialmente chega em torno de 1,4 bilhões de toneladas e até 2025 estima-se que alcance 2,6 bilhões de toneladas, além do descarte inadequado proporcionando prejuízos ambientais (LOUSADA JUNIOR *et al.*, 2005; NASCIMENTO FILHO; FRANCO, 2015; SINHA; TRIPATHI, 2021).

O processamento agroindustrial fornece resíduos ricos em açúcares, minerais, fibras alimentares, carotenoides, tocoferóis, flavonoides, compostos bioativos e fenólicos, proporcionando uma abundante capacidade de efeitos benéficos como antivirais, antibacterianos, antimicrobianos, entre outros. Por meio da identificação da composição química, pode-se propor o melhor meio de uso desses resíduos (DILAS *et al.*, 2009; JUNIOR *et al.*, 2014; GANESH *et al.*, 2022). Por apresentarem altos níveis de fibras dietéticas, a inclusão de resíduos em dietas de animais e humanos proporciona efeitos em metabólitos plasmáticos (SCHNEEMAN *et al.*, 1987; POP *et al.*, 2021).

Assim, um modo consciente para utilização destes resíduos é na alimentação animal, após o processamento apropriado e análise de sua composição química (TEIXEIRA *et al.*, 2014). A inclusão na dieta de animais pode promover redução de custos em contraste com as dietas presentes no mercado (ZU ERMGASSEN *et al.*, 2016). Deste modo, estes componentes se denominam alimentos funcionais por possuírem compostos bioativos e contribuírem para a melhora da qualidade de produtos de origem animal, possibilitando melhor saúde ao consumidor e a redução de aditivos sintéticos para a conservação desses produtos, podendo até mesmo permitir uma melhora na saúde (CASTILLO *et al.*, 2013; LUCAS *et al.*, 2021).

Por outro lado, a inclusão de resíduos na dieta de animais de forma excessiva pode provocar prejuízos ao animal, como queda da digestibilidade e do desempenho produtivo (YANG *et al.*, 2021). Esses potenciais alimentos

alternativos são formados por uma ampla diversidade de substâncias antinutricionais, podendo interferir de maneiras distintas no organismo animal, como na utilização e absorção de proteínas, havendo alguns inibidores, como lectinas e taninos, e na absorção de minerais como os fitatos, pigmentos de gossipol, glucosinolatos e oxalatos, além de substâncias tóxicas, como cianogênicos, fotossensibilizantes, fitoestrógenos, saponinas, alcaloides e nitratos (FRANCIS *et al.*, 2001).

A inclusão de tais resíduos agroindustriais na alimentação dos animais pode colaborar para o melhor balanceamento de dietas e estimular as atividades produtivas (SILVA *et al.*, 2014). Portanto, esses resíduos passam a ser de grande importância social e econômica, podendo gerar empregos e melhores condições de vida (CRUZ *et al.*, 2013). A bioeconomia circular tem como intuito principal aproveitar totalmente os resíduos oriundos da produção primária (RAJ *et al.*, 2022). A inclusão de tais resíduos agroindustriais na aquicultura pode favorecer positivamente o organismo animal, representando uma ótima alternativa para a melhoria do sistema antioxidante e modulação da microbiota intestinal (LEYVA-LÓPEZ *et al.*, 2020). O uso sustentável destes resíduos favorece fatores econômicos e sociais, atendendo aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU): fome zero e agricultura sustentável, saúde e bem-estar, trabalho decente e crescimento econômico, indústria, inovação e infraestrutura, cidades e comunidades sustentáveis e vida na água (ONU-BR, 2015).

Na produção de peixes, a utilização de resíduos da agroindústria ricos em fibras é bem estudada, como na tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), em que foi incluído a estigma do milho (*Zea mays*), servindo como aditivo contra patógenos, e que demonstrou um potente efeito antioxidante na espécie (CATAP *et al.*, 2015). Ainda com a tilápia, a casca de maçã provou ser um ótimo aditivo alimentar, os níveis usados foram de 0,05%, 0,1%, 0,2%, 0,4%, 0,8% favorecendo o seu crescimento e reduzindo o colesterol total e triglicerídeos, tanto plasmáticos como hepáticos, além de diminuir a atividade da alanina aminotransferase e aspartato aminotransferase no fígado (QIANG *et al.*, 2019). Já com a dieta de 4% de fibra bruta com os níveis de inclusão de 1% e 2% de casca de limão, ocorreu uma melhoria na capacidade antioxidante,

reposta imune inespecífica e resistência contra patógenos (RAHMAN *et al.*, 2019).

2.3 Fibra Dietética

A fibra dietética é um polissacarídeo composto por pelo menos 10 unidades monoméricas e oligossacarídeos que possuem de 3 a 9 unidades monoméricas, além de não serem hidrolisáveis por enzimas endógenas do intestino (FOOD AND DRUG ADMINISTRATION, 2016). Atualmente são classificados em polissacarídeos não amiláceos, oligossacarídeos resistentes e amido resistentes, ainda possuem características de viscosidade, solubilidade e fermentabilidade (STEPHEN *et al.*, 2017). São células vegetais dietéticas, como a lignina e demais compostos, resistentes à hidrolização digestiva através de enzimas do trato gastrointestinal (DIKEMAN *et al.*, 2006). Até a primeira metade do século 20, a fibra foi considerada uma parcela alimentar que favorecia o peristaltismo intestinal e o aumento do volume fecal (POURCHET CAMPOS, 2009). No entanto, a fibra vem ganhando espaço na nutrição de animais monogástricos, por apresentar um papel crucial na fermentação bacteriana, servindo como substrato, no intestino desses animais (JHA *et al.*, 2019).

A fibra pode ser dividida, de acordo com a solubilidade em água, podendo ser solúvel e insolúvel (CHEN *et al.*, 2020). A insolúvel é composta por celulose, hemicelulose insolúvel, amido resistente e lignina. As solúveis são representadas por pectinas, gomas, mucilagens e demais formas como frações de hemicelulose (xiloglucanas, galactomananas, glucana de ligação) e demais polissacarídeos oriundos de plantas (JIMENEZ-ESCRIG; SANCHEZ-MUNIZ 2000; MORGADO; GALZERANO, 2009). No geral, as plantas possuem ambas as variações de fibras, e os níveis variam de acordo com a fase de maturação (MONTAGNE *et al.*, 2003).

Os polissacarídeos não amiláceos são constituídos por uma estrutura complexa, sendo uma cadeia longa de carboidratos poliméricos, podendo ser de até 90% da estrutura da parede celular das plantas (SELVENDRAN; DUPONT, 1980). Os mais abundantes encontrados nos vegetais são: celulose, hemicelulose e pectinas, já os demais como frutanos, glucomananos e galactomananos são menos encontrados em comparação com os já citados (SINHA *et al.*, 2011).

A funcionalidade da fibra dietética é classificada pela característica física na digestibilidade, favorecendo a saciedade e até redução da ingestão de alimentos, interferindo diretamente em tempo de trânsito gástrico como também em processos digestórios, possibilitando controle de metabólitos circulantes no organismo e fonte energética para a microbiota intestinal (WILLIAMS *et al.*, 2019).

Ambas as fibras solúveis e insolúveis, atuam de forma distintas no organismo, sendo que as solúveis aumentam a viscosidade do conteúdo digestivo podendo reduzir a absorção de nutrientes, a digestibilidade e o esvaziamento intestinal. De maneira geral, as leguminosas e frutas são fontes expressivas de fibra solúvel (FATURI *et al.*, 2006; GIDLEY; YAKUBOV, 2019). As insolúveis elevam o conteúdo do bolo alimentar, diluem os nutrientes e reduzem o tempo de trânsito gastrointestinal (CUMMINGS *et al.*, 2004; HOLSCHER, 2017; PRASAD; BONDY, 2019), sendo exemplos de alimentos ricos em fibra insolúvel o farelo de girassol e a casca de soja (DUST *et al.*, 2004).

A fibra é hidrolisada por meio de bactérias, quando ocorre a passagem do conteúdo pela válvula ileocecal, iniciando o contato direto com enzimas oriundas de bactérias e assim iniciando a digestão fermentativa (CHUANG *et al.*, 2021). Na fermentação são produzidos ácidos graxos de cadeia curta (acetato, butirato e propionato), e demais metabólitos além de CO₂, hidrogênio, metano e água. Esses compostos são absorvidos e usados pela microbiota intestinal (MANNARINO *et al.*, 2005; BEDFORD; GONG, 2018).

As pectinas, arabinoxilanos, β -glucanos, entre outros polissacarídeos não amiláceos favorecem a viscosidade do quimo intestinal prejudicando o aproveitamento de alimentos em animais monogástricos. Em contrapartida, a utilização de fibras dietéticas na nutrição de determinadas espécies de peixes favorece variáveis imunológicas do plasma, muco cutâneo e ganho de peso final (ADORIAN *et al.*, 2019).

Em piracanjuba (*Brycon orbignyanus*) houve aumento de ganho de peso com dietas contendo 9% de fibra bruta, sendo relatado ainda que a utilização de fibras com teores mais elevados, não resultou em queda no desempenho produtivo (GARCIA *et al.*, 1999). Em relação à fibra solúvel na dieta de bagre africano (*Clarias gariepinus*) foi observado maior acúmulo de

material altamente viscoso no trato intestinal, acarretando piora na digestibilidade (LEENHOUWERS *et al.*, 2006). Adorian *et al.* (2015) demonstraram que uma fração adequada de fibra solúvel na ração melhora o desempenho produtivo de jundiá (*Rhamdia quelen*). Ainda com a mesma espécie, a suplementação e diferentes níveis de fibras na alimentação proporcionaram efeitos semelhantes aos de prebióticos encontrados comercialmente (GOULART *et al.*, 2015).

Os frutoligossacarídeos são considerados fibras solúveis, e quando incluídos na alimentação de robalo japonês (*Lateolabrax japonicus*) resultaram em melhora no desempenho produtivo e maior retenção proteica na carcaça devido à elevada liberação de enzimas digestivas provocadas pelo próprio composto. O uso de frutoligossacarídeos possibilitou o aumento de bifidobactérias, e diminuição da proliferação de bactérias nocivas, favorecendo a modulação da microbiota intestinal (GIBSON; ROBERGROID 1995; WANG, LI, 2020). Já em indicadores plasmáticos, a digestão de fibra solúvel encontrada em vegetais, favorece o aumento dos ácidos biliares consequentemente à queda do colesterol (ANGELIS, 2001).

Em estudo realizado com alevinos do híbrido de carpa tropical com barbo-limão (*Barbonymus gonionotus* x *Hypsibarbus wetmorei*), observou-se que a utilização de diferentes farinhas de folhas com alto teor de fibras resultou em um efetivo prebiótico (JIMOH *et al.*, 2019). Desta forma, a fermentação ocasionada pelas bactérias favoreceu a queda de pH, inibindo o desenvolvimento de patógenos (MUSSATTO; MANCILHA, 2007) e possibilitando o aumento na produção de ácidos graxos de cadeia curta, o que promove a nutrição dos enterócitos e melhora à saúde do peixe (MANIKANDAN *et al.*, 2020). Em jundiá, a utilização de fibras solúveis (mucilagem, pectina, beta-glucana e manana) mostrou resultados positivos em relação ao desempenho produtivo e morfologia intestinal (GOULART *et al.*, 2018). A utilização de fibras dietéticas de laranja e linhaça na alimentação de tilápias foi equivalente ou superior aos efeitos de prebióticos comerciais, sendo observada seletividade na fermentação, influência no desempenho produtivo, aumento do glicogênio hepático e disponibilização de estruturas menos complexas fornecendo mais energia ao organismo (MOMBACH *et al.*, 2020).

3 OBJETIVO

3.1 Objetivo Geral

O presente estudo tem como objetivo avaliar o desempenho produtivo e seus efeitos plasmáticos e energéticos em juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*), além de determinar a digestibilidade de diferentes níveis de fibras dietéticas totais provenientes do resíduo agroindustrial de maracujá.

3.2 Objetivos Específicos

- ✓ Avaliar os efeitos dos altos teores de fibras dietéticas totais na absorção de nutrientes;
- ✓ Avaliar a interferência causada em indicadores bioquímicos e seus efeitos no organismo;
- ✓ Avaliar o nível adequado de inclusão de fibras na dieta de tambaqui;
- ✓ Avaliar a interferência dos altos teores de fibras dietéticas totais no desempenho produtivo.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Comissão de Ética

Os procedimentos realizados com os animais foram submetidos à Comissão de Ética em Uso de Animais (CEUA) da Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas – Unesp – Câmpus de Dracena, de acordo as normas do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA) (Certificado nº 03/2023.r1 – CEUA).

4.2 Instalações e Condições Experimentais

O experimento foi conduzido por 60 dias, e semanalmente os parâmetros de temperatura e oxigênio dissolvido (YSI – Pro ODO oxímetro, Yellow Springs

Instrument, Ohio, USA), condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos foram aferidos com medidor portátil (HI98192 Hanna instruments).

Quinzenalmente amostras de água foram coletadas para se determinar os teores de amônia, nitrito e nitrato. Para a amônia total, foi utilizada a metodologia descrita por Koroleff (1976), com leitura em espectrofotômetro à 630 nm. A mensuração do nitrito foi realizada de acordo o método colorimétrico segundo Golterman (1978) com leitura em espectrofotômetro à 543 nm. O teor de nitrato foi medido com a redução do nitrito, com a adição de cádmio amalgado e leitura em espectrofotômetro à 543 nm, conforme metodologia adaptada de Golterman (1978). Os resultados foram expressos em miligramas por litro (mg/L^{-1}).

Tabela 1 - Indicadores de qualidade da água durante o período experimental.

Parâmetros	Valores médios
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	27,51
OD (mg L^{-1})	7,37
pH	7,86
Sólidos Totais (mg L^{-1})	166,10
Condutividade elétrica (mg L^{-1})	325,06
Amônia (mg L^{-1})	0,13
Nitrato (mg L^{-1})	0,27
Nitrito (mg L^{-1})	0,0001

Fonte: Elaborado pelo autor

4.3 Protocolo Experimental

O experimento foi conduzido no Laboratório de Aquicultura da Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas da Unesp (FCAT-Unesp), câmpus de Dracena, composto por um sistema fechado de recirculação de água, que conta com decantador, filtro biológico e aerador elétrico acoplado à mangueiras de silicone e pedras porosas, para promover adequada concentração de oxigênio dissolvido.

Foram utilizados 360 peixes adquiridos de produtores comerciais sendo distribuídos em 20 caixas de polietileno de 300 L (18 peixes/caixa), com o peso médio de $13,19 \pm 0,19$ g, sujeitos a um período de aclimação de 15 dias e alimentados com dieta comercial. Após esse período, as dietas experimentais

foram fornecidas 3 vezes ao dia até a saciedade aparente. O experimento foi conduzido em um delineamento inteiramente casualizado com 5 tratamentos, sendo 5 níveis crescentes de fibra dietética total na dieta, com 4 repetições por tratamento.

4.4 Caracterização dos Ingredientes

A caracterização dos subprodutos e avaliação do potencial na alimentação de peixes foi realizada conforme as etapas de caracterização recomendadas por Glencross (2020). Os ingredientes testados consistiram em resíduos agroindustriais oriundos de empresas comerciais de extração de polpas de frutas. Os resíduos escolhidos são compostos por cascas, bagaços, sementes e restantes de polpas, sendo eles: maracujá, mandioca, açaí, abacaxi, cupuaçu e laranja (Figura 1). Para determinação do teor de fibra dietética total (FDT) foi utilizado o método 991.43 da AOAC – Association of Official Agricultural Chemists (1992), utilizando-se o analisador automático de fibra alimentar TDF (ANKON Technology Corporation) (Figura 2). A composição bromatológica: matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), fibra bruta (FB) e extrato não nitrogenado (ENN) foi realizada seguindo a metodologia de AOAC (2019). A energia bruta foi determinada através da combustão da amostra em bomba calorimétrica em laboratório terceirizado.

Tabela 2 - Composição bromatológica dos resíduos agroindustriais.

Composição analisada (%MS)	Resíduos agroindustriais					
	Abacaxi	Açaí	Cupuaçu	Laranja	Mandioca	Maracujá
Matéria seca, %	28,3	78,2	91,5	5,5	40,1	5,4
Proteína bruta, %	5,2	6,0	16,7	8,5	5,3	6,3
Extrato etéreo, %	1,3	1,9	17,5	2,0	1,2	1,7
Matéria mineral, %	5,4	1,5	7,8	4,1	2,8	6,1
Fibra bruta, %	22,2	43,5	23,8	13,8	2,3	37,5
Umidade, %	71,7	83,5	45,3	55,8	15,2	60,2
Fibra dietética total, %	66,8	83,5	45,3	55,8	15,2	60,2

Energia bruta, kcal/kg	4.179,0	3.691,5	4.818,5	3.902,5	3.692,0	3.643,5
Extrato não nitrogenado, %	65,9	47,1	34,2	71,9	88,4	48,4

Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 1 - Resíduos são originados da extração de polpas de vegetais: A - cascas de maracujá; B - cascas e resíduos de tubérculos de mandioca; C - semente de açaí; D - cascas e resíduos de polpa de abacaxi; E - cascas de cupuaçu; F - cascas e resíduos de polpas de laranja.



Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 2 - Analisador de fibras dietéticas, modelo ANKOM ^{TDF}.



Fonte: Elaborada pelo autor

4.5 Dietas Experimentais

Foram formuladas 5 dietas experimentais isoenergéticas (4.186,6 kcal), isoproteicas (31,5%) e isolipídicas (7,0%), com níveis crescentes de fibra dietética total, sendo: 10,2, 13,7, 15,9, 20,9 e 23,5% (Tabela 3). Os níveis de fibra dietética das dietas experimentais foram proporcionados pela inclusão do resíduo de maracujá, que foi escolhido devido a sua porcentagem de fibra solúvel que pode variar de 18 a 23%. As dietas foram formuladas após a caracterização e determinação das composições bromatológica de cada ingrediente. A determinação de digestibilidade das dietas foi realizada através do método indireto de coleta de fezes com inclusão de 1% de óxido de cromo III (Cr_2O_3), como indicador inerte nas dietas experimentais.

Os ingredientes das dietas foram moídos em moinho de martelo (0,8 mm), pesados e separados na proporção desejada em cada dieta. Os ingredientes foram misturados em misturador tipo Y e peletizados com adição de 40% de água. Os grânulos obtidos foram secos em estufa de circulação forçada de ar por um período de 24 horas e armazenados em sacos plásticos etiquetados, e em seguida, conservados em câmara fria (-15°C).

A alimentação foi realizada até a saciedade aparente, com as dietas experimentais em três refeições diárias (08:00; 12:00 e 16:00 horas). Os valores de arraçoamento foram todos quantificados através de pesagens diárias dos recipientes de armazenamento das dietas experimentais.

Tabela 3 - Formulação e composição das dietas experimentais.

Dietas experimentais					
Ingredientes¹ (%)	10,2%	13,7%	15,9%	20,9%	23,5%
Farinha de peixe (60%)	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
Farelo de soja	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0
Glúten de milho (60%)	20,2	19,8	19,4	18,8	18,3
Milho	11,0	11,8	12,5	13,3	13,5
Amido de milho	25,0	20,0	14,3	9,0	4,0
Resíduo de maracujá	1,0	5,8	10,8	15,8	20,6
Óleo	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Fosfato bicálcico	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Premix min/vit ²	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
L-lisina	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Vitamina C ³	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Oxido de cromo	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Caulim	5,1	5,0	5,4	5,5	5,9
Total (%)	100	100	100	100	100

Composição Bromatológica

Matéria seca, %	98,4	98,3	99,0	98,4	98,7
Proteína bruta, %	31,1	30,1	32,5	31,5	32,3
Extrato etéreo, %	7,0	6,7	7,01	7,12	7,27
Matéria mineral, %	11,3	11,3	12,5	12,7	13,7
Fibra dietética Total, %	10,2	13,7	15,9	20,9	23,5
Fibra bruta, %	8,8	11,9	14,7	18,7	21,3
Energia bruta, kcal/kg	4135	4173	4205,5	4210	4211
Extrato não nitrogenado, %	40,2	38,3	32,3	28,4	24,1

¹ Todos os ingredientes foram obtidos através de uma fonte comercial local.

² Suplemento vitamínico e mineral. Acquamel VM Peixes Oniv. Enriquecimento por kg de dieta: Colina (min): 100 g/kg, Vitamina A (min): 400.000U I/kg, Vitamina D3 (min): 400.000 UI/kg, Vitamina E (min): 15.000UI/kg, Vitamina K3 (min): 500 g/kg, Vitamina B1 (min): 2.500mg/kg, Vitamina B2 (min): 2.500 mg/kg, Vitamina B6 (min): 2.500 mg/kg, Vitamina B12: 3.000 mcg/kg, Vitamina C (min): 40 g/kg, Niacina (min): 10 g/kg, Ácido Pantotênico (min): 5.000 mg/kg, Ácido Fólico (min): 500 mg/kg, Biotina (min): 80 mg/kg, Ferro (min): 7.000 mg/kg, Cobre (min): 1.400 mg/kg, Manganês (min): 2.600 mg/kg, Zinco (min): 14g/kg, Cobalto (min): 20mg/kg, Iodo (min): 60 mg/kg e Selênio (min) 60 mg/kg.

³ Vitamina C Rovimix Stay-35, DSM Nutritional Product, Switzerland.

⁴ Fonte: Elaborada pelo autor

4.6 Manejo dos Peixes e das Fezes Coletadas

A coleta de fezes para a determinação dos coeficientes de digestibilidade, foi realizada após cinco dias de alimentação com as dietas experimentais. Uma hora após o último fornecimento de alimento do dia os peixes foram transferidos para as incubadoras de digestibilidade, onde permaneceram por 12 horas. As fezes decantadas nos tubos coletores foram recolhidas na manhã seguinte. No período de coleta os recipientes de coletas foram acondicionados em gelo para prevenção de perdas de nutrientes no meio aquático.

As fezes coletadas foram removidas para uma placa de Petri e desidratadas em estufa com ventilação forçada permanecendo por um período de 24 horas a 45°C. Antecedendo as análises, foram retiradas algumas escamas encontradas nas fezes e em seguida as amostras foram moídas e homogeneizadas com almofariz e pistilo, e novamente colocadas em tubos para as análises bromatológicas.

4.7 Variáveis de Avaliação

4.7.1 Análise bromatológicas e coeficientes de digestibilidade

As análises bromatológicas das dietas e amostras de fezes ocorreram de acordo as metodologias descritas pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2000). As análises efetuadas foram a pré-secagem (40°C em estufa de circulação forçada), matéria seca (MS) (secagem em estufa de circulação forçada a 105°C durante 24 horas), matéria orgânica (MO) (matéria seca e matéria mineral subtraídos entre si), e proteína bruta (PB) (Método de Kjeldahl).

Para a determinação da concentração de cromo, foi utilizada a metodologia de digestão nítrico-perclórica de Furukawa e Tsukahara (1976), e para a determinação da concentração do óxido de cromo foi utilizado espectrofotômetro de absorção atômica. A energia bruta foi obtida por meio de bomba calorimétrica com oxigênio (IKA/C2000 Basic, IKA Works, Inc. North Chase Pkwy SE, Wilmington, USA) em laboratório terceirizado.

Os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, energia bruta, foram determinados segundo metodologia descrita por Nose (1960) conforme a fórmula:

$$CDA (\%) = 100 \left[100 * \left(\frac{\%Cr_{2O3d}}{\%Cr_{2O3f}} \right) * \left(\frac{\%Nf}{\%Nd} \right) \right]$$

Em que: CDA (%) = Coeficiente de digestibilidade aparente (%);

%Cr₂O_{3d} = porcentagem de óxido de cromo na dieta;

%Cr₂O_{3f} = porcentagem de óxido de cromo nas fezes;

%Nd = porcentagem do nutriente ou energia na dieta;

%Nf = porcentagem do nutriente ou energia nas fezes.

4.7.2 Desempenho produtivo

Após a aclimatação, os peixes foram anestesiados em solução de benzocaína (10 g/L), pesados, medidos e distribuídos (biometria inicial) em caixas de polietileno de 300 L. Cada caixa recebeu um tratamento ao acaso, sendo os peixes alimentados três vezes ao dia, até a saciedade aparente. Aos 60 dias de experimento foi realizada a biometria final, que contabilizam as variáveis de:

- Peso médio final (PF);

- Comprimento total (CT);

- Ganho de peso (GP):

$GP (g) = (\text{peso médio final} - \text{peso médio inicial});$

- Taxa de crescimento específico (TCE):

$TCE (\%dia) = 100 \times [(\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial}) / \text{período experimental}];$

- Consumo de alimento (g);

- Conversão alimentar aparente (CA):

$CA = \text{alimento fornecido (g)} / \text{ganho de peso total (g)};$

- Taxa de eficiência proteica (TEP):

$TEP (\%) = 100 \times (\text{ganho em peso} / \text{proteína bruta consumida}).$

4.7.3 Indicadores bioquímicos e reservas energéticas

Na biometria final, foram coletadas amostras sanguíneas coletadas de vasos caudais com o uso de seringas e agulhas. Foram separadas alíquotas de soro e de plasma por meio de centrifugação. A análise destes metabólitos plasmáticos foi realizada pelo método colorimétrico, sendo analisado a glicose plasmática (Método GOD- Trinder, kit comercial), colesterol (Método Enzimático colorimétrico, kit comercial), triglicerídeos (Método Enzimático-Trinder, kit comercial) e albumina (Método do verde bromocresol).

Após a retirada de sangue, esses peixes foram laparotomizados para a coleta de gordura visceral e do fígado. Os tecidos coletados foram mantidos em criotubos e armazenados em ultra freezer (-80). Para as avaliações somáticas foram determinados: índice gordura-viscero somática (IGVS) e índice hepatossomático (IHS) de acordo com a fórmula: $[100 \times (\text{peso do tecido} / \text{peso vivo})]$.

4.7.4 Delineamento e análises estatísticas

O experimento foi conduzido em um delineamento inteiramente casualizado com 5 tratamentos, correspondendo a 5 níveis de fibra dietética total, com quatro repetições por tratamento. Os resultados foram submetidos ao teste de normalidade (teste de Shapiro Wilk) e homocedasticidade (teste de Barlett) das variâncias. Em seguida os resultados foram analisados usando ANOVA de uma via (one-way), e para de comparação de médias, o teste de Tukey (5%).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Digestibilidade Aparente

Foram determinados os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDA_{MS}), matéria mineral (CDA_{MM}), matéria orgânica (CDA_{MO}), proteína bruta (CDA_{PB}) e energia bruta (CDA_{EB}) (Tabela 4). A dieta com 10,2% de FDT apresentou o maior CDA_{MS} ($78,87 \pm 2,4\%$) mas sem diferença ($p > 0,05$) da dieta com 13,7%. O CDA_{MS} da dieta com 15,9% ($70,91 \pm 1,48\%$) foi maior ($p < 0,05$) do que as dietas com 20,9% ($66,96 \pm 0,64\%$) e 23,5% de FDT ($65,18 \pm 1,35\%$).

Neste estudo, nas cinco dietas não foram observadas diferenças ($p > 0,05$) nos valores de CDA_{MM} e CDA_{PB} . Já, os valores dos CDA_{MO} indicaram que a dieta com 10,2% de FDT apresentou o maior CDA_{MO} ($86,41 \pm 2,07\%$), seguido da dieta com 13,7% ($82,50 \pm 0,68\%$) e 15,9% de FDT ($78,07 \pm 1,96$). As dietas com 20,9% e 23,5% apresentaram os piores CDA_{MO} , sem diferenças entre si ($p > 0,05$).

Nos CDA_{EB} os maiores valores observados foram com a dieta com 10,2% ($84,36 \pm 2,52$) e 13,7% ($82,90 \pm 0,64$) de FDT, apresentando diferença ($p < 0,05$) das demais dietas. Os níveis de 15,9; 20,9 e 23,5% de FDT não diferiram entre si ($p > 0,05$).

Tabela 4 - Coeficientes de digestibilidade aparente de juvenis de tambaquis (*Colossoma macropomum*) após 60 dias de alimentação com níveis de fibra dietéticas totais.

Variáveis	Tratamentos					DP	P-value
	10,2%	13,7%	15,9%	20,9%	23,5%		
CDA_{MS}	$78,87 \pm 2,44^a$	$75,48 \pm 0,70^a$	$70,91 \pm 1,48^b$	$66,96 \pm 0,64^c$	$65,18 \pm 1,35^c$	1,474	<0,001
CDA_{MM}	$22,29 \pm 2,94$	$21,58 \pm 1,26$	$21,16 \pm 3,04$	$21,21 \pm 1,38$	$24,68 \pm 4,03$	2,704	0,387
CDA_{MO}	$86,41 \pm 2,07^a$	$82,50 \pm 0,68^b$	$78,07 \pm 1,96^c$	$73,72 \pm 0,73^d$	$71,74 \pm 0,91^d$	1,409	<0,001
CDA_{PB}	$86,67 \pm 2,27$	$86,05 \pm 1,88$	$84,26 \pm 1,37$	$88,13 \pm 1,78$	$87,02 \pm 0,82$	1,978	0,456
CDA_{EB}	$84,36 \pm 2,52^a$	$82,90 \pm 0,64^a$	$76,10 \pm 1,06^b$	$75,01 \pm 0,74^b$	$73,69 \pm 0,77^b$	1,883	<0,001

Letras diferentes na mesma linha indicam que as médias diferem entre si pelo teste Tukey a 5%. Dietas com níveis de fibra dietética total – 10,2%; 13,7%; 15,9%; 20,9%; 23,5%. Coeficientes de digestibilidade aparente; MS: matéria seca; MM: Matéria mineral; MO: Matéria orgânica; PB: Proteína bruta; EB: Energia bruta. Fonte: Elaborada pelo autor.

Os CDA_{MS} das dietas experimentais demonstraram que dietas com elevadas concentrações de fibras dietéticas proporcionam redução na digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica e energia bruta. No estudo realizado por Silva et al (1999), incluindo frutos e sementes consumidos na natureza pelo tambaqui (seringa barriguda, munguba, embaúba e jauari), com diferentes níveis de fibra bruta (2,3; 9,6; 21,2 e 17,6%), foi observada baixa digestibilidade nas dietas com embaúba e jauari (CDA_{MS} de 41,1% e 57,1%, respectivamente). Guimarães et al. (2014), testando diferentes ingredientes alternativos na dieta de tambaqui, entre eles a farinha de algaroba (FB, 23%), demonstraram que o aumento do teor de fibra bruta da dieta resultou em redução do CDA_{MS} . Em contrapartida, Araújo et al (2020) utilizaram coprodutos de abacaxi, manga e maracujá, correspondendo a níveis de fibra bruta de 12,87; 40,78 e 13,38% e observaram que apesar do alto nível de fibra bruta na dieta contendo farelo de manga, o CDA_{MS} foi $69,65 \pm 3,88\%$ enquanto o CDA_{MS} do maracujá foi $30,48 \pm 3,44\%$. Segundo o autor, a fibra pode favorecer a diluição de nutrientes, mas ao mesmo tempo pode atuar como um fator antinutricional.

Não foram observadas diferenças ($p > 0,05$) nos coeficientes de digestibilidade aparente de matéria mineral (CDA_{MM}). Estudos indicam que o tambaqui utiliza de forma mais eficiente minerais de ingredientes vegetais, em comparação a ingrediente de origem de animal (ARAÚJO et al., 2018). A digestibilidade de minerais demonstra variações entre as espécies de peixe (BURY, 2003). Diferentes fatores podem interferir na digestibilidade da matéria mineral, sendo eles: matéria prima, processos de fabricação, fase de desenvolvimento, anatomia e fisiologia do trato gastrointestinal.

A matéria orgânica (MO) é a fração sólida total que supostamente é digerida pelo trato gastrointestinal e absorvida pelo organismo. O valor de CDA_{MO} mais elevado foi o da dieta com 10,2% FDT ($86,41 \pm 2,07\%$) e o menor, das dietas com 20,9% e 23,5% FDT ($71,74 \pm 0,91\%$). Com a utilização de grãos de soja na alimentação de robalo (*Morone chrysops* x *M. saxatilis*), foi observada queda na digestibilidade chegando a 56%, deduzindo-se que polissacarídeos não amiláceos causaram essa redução na digestibilidade da matéria orgânica (KENNERTH et al., 2008). De acordo com Francisco et al. (2001), os oligossacarídeos e polissacarídeos não amiláceos favorecem a união de nutrientes com sais biliares,

além de elevar a viscosidade, tempo de trânsito e bloqueio de enzimas digestiva. As fibras solúveis podem interferir na viscosidade intestinal, redução da taxa de passagem e diminuição da junção de enzimas, ocasionando a perda de nutrientes e aumento de viscosidade, assim formando uma camada espessa na mucosa intestinal prejudicando a absorção de nutrientes (LEENHOUWER, 2007).

Nos valores de coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta (CDA_{PB}) não foram observadas diferenças entre as dietas ($p>0,05$). Observa-se que o CDA_{PB} se manteve na média de 86,42% em todas as dietas independentemente do nível de fibra. Resultado semelhante foi observado na truta arco íris (*Oncorhynchus mykiss*) recebendo dietas contendo: 0; 2,5; 5; 10 e 15% de fibra bruta, correspondendo a: 2,7; 3,8; 6,9; 11,5 e 16,6% de celulose sem interferência negativa na digestibilidade proteína (HANSEN; STOREBAKKEN, 2007). Em tilápias do Nilo submetidas a alimentação com dietas de 11,8; 12,3 e 18,4% de FDT utilizando goma guar, celulose e celulose + goma guar, em cada um dos níveis avaliados, foi constatada interferência negativa nos CDA_{PB} de tilápias alimentadas com goma guar, no entanto, nas dietas com celulose esta mesma resposta não foi observada (AMIRKOLAIE *et al.*, 2005). Desta forma, a espécie estudada e a quantidade e qualidade de fibras na dieta pode sim interferir nos CDA_{PB} . Os fatores antinutricionais da fibra foram elucidados por AZAZA *et al.* (2008), em estudo realizado com tilápias alimentadas com níveis crescentes de farinha de ulva verde (*Ulva rígida*): 10; 20 e 30%. A dieta com 30% do ingrediente resultou em redução no CDA_{PB} , resultado atribuído ao aumento do trânsito gastrintestinal, e a baixa disponibilidade de enzimas digestivas (CHOCT *et al.*, 1996; SANTIGOSA *et al.*, 2008).

Os valores de CDA_{EB} das dietas com 10,2% ($84,36\pm2,52\%$) e 13,7% de FDT ($82,90\pm0,64\%$) foram superiores ($p<0,05$) em comparação com as demais dietas, 15,9% ($76,10\pm1,06\%$), 20,9% ($75,01\pm0,74\%$) e 23,5% ($73,69\pm0,77\%$). O CD_{EB} de ingredientes de origem vegetal pode ser reduzido devido ao alto teor de fibras na dieta (ZHOU, YUE, 2011). Em tilápias alimentadas com dieta composta por 30% de FDT foi observada uma maior demanda de energia para manutenção, devido ao maior gasto energético para digerir e manter o equilíbrio da microbiota intestinal (HAIDAR *et al.*, 2016). Isso foi relatado em bagre africano (*Clarias gariepinus*) alimentados com 4 e 8% de goma guar, sendo observado aumento da

viscosidade da digesta e redução da digestibilidade da energia da dieta (LEENHOUWERS *et al.*, 2006). Em trutas arco íris alimentadas com diferentes tipos de fibras dietéticas (celulose, pectina, lignosulfonato e manana), com os respectivos níveis de inclusão para cada dieta: 5, 10 e 20%, foi observada redução na digestibilidade da energia (GLENCROSS *et al.*, 2012). Desta forma no presente estudo, a partir da dieta contendo 15,9% de FDT foi constatado redução do CDA_{EB}, devido à limitação causada pela inclusão da fibra e sua baixa biodisponibilidade energética no trato gastrintestinal.

5.2 Desempenho Produtivo

Durante os 60 dias de experimento não houve mortalidade e os animais demonstraram aceitaram a bem às dietas mesmo com diferentes níveis de fibra. Os dados de desempenho produtivo dos juvenis de tambaqui alimentados com dietas contendo diferentes níveis de fibras dietéticas totais se encontram na Tabela 5. Não foram observadas diferenças ($p>0,05$) entre os níveis de fibra dietética total no peso final (PF), ganho de peso (GP), comprimento total (CT), taxa de crescimento específico (TCE), consumo (CO), conversão alimentar (CA) e taxa eficiência proteica (TEP).

Tabela 5 - Desempenho produtivo de juvenis de tambaqui(*Colossoma macropomum*) após 60 dias de alimentação com níveis de fibra dietéticas totais.

Variáveis	Tratamentos					DP	P-value
	10,2%	13,7%	15,9%	20,9%	23,5%		
PF	55,96±5,60	57,94±2,31	55,70±0,95	54,89±6,59	56,41±0,93	0,102	0,874
GP	42,76±5,45	44,66±2,46	42,60±0,93	41,81±6,60	43,06±1,09	3,662	0,742
CT	14,59±0,38	14,86±0,40	14,72±0,13	14,49±0,54	14,77±0,09	0,339	0,987
TCE	2,40±0,15	2,46±0,09	2,41±0,03	2,38±0,21	2,40±0,06	0,112	0,715
CONS	62,68±3,27	65,54±1,81	62,14±2,16	65,74±5,52	62,43±0,65	3,081	0,638
CA	1,47±0,12	1,40±0,04	1,46±0,04	1,38±0,04	1,45±0,02	0,065	0,644
TEP	11,89±0,91	12,47±0,34	11,34±0,35	12,29±0,34	11,34±0,17	0,634	0,291

PF = Peso final. GP = Ganho de peso. CT = Comprimento total. TCE = Taxa de crescimento específico. CO = Consumo. CA = Conversão alimentar. TEP = Taxa de eficiência proteica. Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados encontrados demonstram que a utilização de diferentes níveis de fibras dietéticas não resultou em diferenças no desempenho produtivo ($p>0,05\%$) dos juvenis de tambaqui. Resultados distintos foram encontrados em bagres do canal (*Channel Catfish*) alimentados com níveis crescentes de fibras dietéticas proporcionando o aumento do consumo com o nível de 27% de fibra dietética total (5,7% de fibra bruta). No entanto, com níveis mais elevados de fibra dietética total, 29,4; 32,9 e 36,2% a eficiência alimentar foi prejudicada, efeito causado pelos altos teores de fibra, disponibilizando menos carboidratos digestíveis e energia digestível (MENGHE *et al.*, 2012).

Em carpas (*Barbonymus gonionotus* x *Hypsibarbus wetmorei*) alimentadas com níveis crescentes de α -cellulose (0; 5; 10; 15 e 20%), correspondendo a 1,22; 6,11; 10,17; 13,88 e 16,97% de fibra bruta, foi observado que os animais alimentados com as dietas de 0 a 10% de α -cellulose, tiveram maior crescimento e melhor eficiência proteica em comparação aos alimentados com 20% de fibra. As dietas de 0 a 15% resultaram em melhores valores de conversão alimentar do que peixes alimentados com maiores porcentagens (KAMARUDIN *et al.*, 2017).

Em alevinos de tilápia alimentadas com 6, 9 e 12% de fibra bruta, não foram observadas diferenças ganho de peso, conversão alimentar aparente, taxa de crescimento específico e taxa de eficiência proteica (LANNA *et al.*, 2004), semelhantemente ao encontrado no presente trabalho. Resultados diferentes foram encontrados por Diundik e Storm (1990), ao trabalharem com níveis de inclusão de α -cellulose, 0; 2,5; 5; 7,5 e 10%, encontrando efeitos positivos para taxa de crescimento, sobrevivência, conversão alimentar e eficiência proteica nos níveis de 2,5 e 5%. Já, os peixes alimentados com níveis de 0 e 10% apresentaram queda nos dados de desempenho.

Em juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) alimentados com dietas contendo níveis acima de 11% de fibra bruta foi observada redução no consumo, ganho de peso e taxa de crescimento específico, e para conversão alimentar e eficiência proteica os níveis de 13 e 15% proporcionaram aos peixes os piores índices (RODRIGUES, 2010), ainda com a mesma espécie, mantendo os 9% de fibra bruta, mas utilizando a inclusão de 30% de casca de soja, farelo de soja,

farelo de girassol e polpa cítrica, Fabregat (2011) encontrou que o farelo de girassol e o farelo de soja foram os melhores no comprimento final, taxa de crescimento específico, consumo individual, peso final e conversão alimentar comparado com as demais dietas, demonstrando que a composição da fibra e a quantidade fornecida podem interferir no desempenho do animal. Apesar de ambas as espécies partilharem o mesmo grupo filogenético e o trato digestório similar, possivelmente o tambaqui apresente maior adaptação a ingredientes mais fibrosos sem que interfiram no seu desempenho produtivo.

5.3 Indicadores Bioquímicos e Reservas Energéticas

As concentrações de fibra influenciaram significativamente nas concentrações de colesterol, triglicerídeos, albumina, e no IHS e IGVS ($p < 0,05$). Somente na glicose não foram observadas diferenças ($p > 0,05$) entre os níveis de fibras dietéticas avaliados. Os valores obtidos para os indicadores bioquímicos e de reserva energética estão presentes na Tabela 6, Figuras 3 e 4.

Tabela 6 - Metabólitos sanguíneos e reservas energéticas de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) após 60 dias de alimentação com níveis de fibra dietéticas totais.

Variáveis	Tratamentos						P value
	10,2%	13,7%	15,9%	20,9%	23,5%	DP	
GLIC	3,29±0,34	4,16±0,31	3,72±0,25	3,53±0,09	3,75±0,17	0,375	0,679
COL	2,61±0,22 ^a	2,32±0,12 ^{ab}	2,23±0,01 ^b	2,29±0,10 ^{ab}	2,23±0,11 ^b	0,148	0,012
TRIGLI	4,29±0,00 ^a	3,16±0,04 ^{ab}	2,53±0,16 ^b	3,23±0,13 ^{ab}	2,19±0,20 ^b	0,464	<0,001
ALBUM	0,80±0,06 ^a	0,72±0,09 ^{ab}	0,75±0,01 ^a	0,63±0,02 ^b	0,61±0,05 ^b	0,027	<0,001
IHS	1,77±0,07 ^{ab}	1,86±0,09 ^a	1,65±0,13 ^{abc}	1,50±0,08 ^{bc}	1,36±0,14 ^c	0,118	<0,001
IGVS	1,70±0,11 ^a	1,57±0,23 ^{ab}	1,26±0,07 ^b	1,33±0,27 ^b	1,31±0,13 ^b	0,186	0,010

Média agrupadas. Letras distintas nas linhas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Glic = glicose (mmol L^{-1}); COL = colesterol (mmol L^{-1}); TRIGLI = triglicerídeos (mmol L^{-1}).

¹); ALBUM = albumina (g/L); IHS = índice hepatossomático; IGVS = índice gorduro-viscerossomático. Fonte: Elaborada pelo autor.

Os diferentes níveis de fibras dietéticas não interferiram na concentração de glicose circulante ($p>0,05$). Em jundiás (*Rhamdi quelen*) o aumento de viscosidade do bolo alimentar causado pela inclusão de fibra reduziu a taxa de absorção de glicose (Adorian *et al.*, 2015). Mas em dourada (*Diplodys sargus*) a alimentação com 12% de fibra solúvel não resultou em diferença ($p>0,05$) na taxa glicêmica (ENES *et al.*, 2013). A fibra dietética pode reduzir ou retardar a absorção de nutrientes devido ao trânsito gástrico, ocorrendo a redução da glicose plasmática (GALISTEO *et al.*, 2008; FABEK *et al.*, 2014), fato não observado no presente trabalho.

O nível de colesterol encontrado em juvenis de tambaqui alimentados com 10,2% de FDT foi superior ($P<0,05$) ao do fornecimento das demais dietas. Resultados semelhantes foram encontrados por Souza *et al.* (2018), que avaliou o uso de farinha de manga como substituto ao milho em dietas para o tambaqui, e observou que os níveis de 33, 66 e 100%, resultaram em queda na concentração de colesterol circulante. Com a utilização de fibra solúvel (pectina) oriunda da casca do maracujá na alimentação de tilápia, também se observou a redução do colesterol plasmático (MOMBACH *et al.*, 2020).

A fibra solúvel é encontrada em altas quantidades nas frutas e essas fibras se adere ao colesterol e ácidos biliares, dificultando a absorção no intestino (ZHANG *et al.*, 2011). Nesse mesmo contexto, o aumento da liberação de sais biliares favorece a excreção do colesterol do organismo (POTTER, 1995). Em carpas e trutas arco íris a alimentação com 1% de xilo-oligossacarídeos proporcionou maior liberação de lipase (ABASUBONG *et al.*, 2022; WANG *et al.*, 2022). No presente trabalho, podemos deduzir que a fibra solúvel (pectina) contida no resíduo de maracujá possa ser responsável pela queda na concentração de colesterol dos juvenis de tambaqui.

A concentração de triglicerídeos foi mais elevada nos peixes que receberam a dieta com 10,2% de FDT em comparação com as demais ($p<0,05$), e o menor valor foi observado no sangue de peixes que consumiram dieta contendo 23,5% de FDT. Em contraste, estudo realizado com robalo no qual foi incluído 25% de amido resistente na dieta, apresentou queda em triglicerídeos em comparação

com as demais dietas testadas sem o polissacarídeo não amiláceo (GATESOUBE *et al.*, 2014). Os níveis circulantes de triglicerídeos são indicadores de transporte de lipídeos para formação de estoque (lipogênese). Em ensaios *in vitro* a utilização de polissacarídeos solúveis, como: goma guar, pectina e goma arábica, possibilitou menor emulsificação de lipídeos e lipólise de triglicerídeos, impedindo a sua absorção (PASQUIER *et al.*, 1996). Em linguado japonês (*Paralichthys olivaceus*), a alimentação com dietas contendo 0,5% de frutooligossacarídeos resultou em redução nas concentrações de triglicerídeos (YE *et al.*, 2011), reforçando o fato de que a fibra dietética interfere positivamente no metabolismo de lipídeos.

Nos níveis de albumina sérica, dieta com 10,2% de FDT resultou em maior concentração de albumina e as dietas com 20,9 e 23,5% resultaram nos menores valores. A albumina está totalmente ligada ao transporte de ácidos graxos livres plasmáticos no organismo (LEHNINGER *et al.*, 2005). Portanto, a queda dos níveis de albumina sérica pode estar relacionada a baixa absorção de lipídeos no organismo.

Os índices hepato e víscerosomático demonstraram que quanto maior o nível de fibra na dieta menor foi o valor dessas variáveis. Resultados diferentes foram encontrados com a utilização de 3, 6 e 10% de farinha de algas marinhas na alimentação do salmão do Atlântico (*Salmo salar*), em que as dietas não interferiram no IHS e IGVS (KAMUNDE *et al.*, 2019). No entanto, em híbridos de garoupa (*Epinephelus laceolatus* x *Epinephelus fuscoguttatus*) alimentados com polissacarídeo não amiláceo solúvel extraído de Pomelo (*Citrus máxima*), foi observado diminuição no IGVS e IHS, demonstrando uma lipogênese reduzida (ZOU *et al.*, 2021). Portanto, semelhante aos resultados aqui encontrados os níveis de fibras resultaram em menor acúmulo de gordura visceral e hepática.

6 CONCLUSÃO

No presente trabalho, observa-se que é possível a inclusão de até 23,5% de FDT na alimenta do tambaqui dada a ausência de interferências em variáveis de desempenho e menor lipogênese sugerindo melhor eficiência energética e qualidade do peixe.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABASUBONG, K. P.; LI, X. F.; ADJOUMANI, J. J. Y.; JIANG, G. Z.; DESOUKY, H. E.; LIU, W. B. Effects of dietary xylooligosaccharide prebiotic supplementation on growth, antioxidant and intestinal immune-related genes expression in common carp *Cyprinus carpio* fed a high-fat diet. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, [s.l.], v. 106, n. 2, p. 403-418, 2022
- ADORIAN, T. J.; GOULART, F. R.; MOMBACH, P. I.; DE MENEZES LOVATTO, N.; DALCIN, M.; MOLINARI, M.; DA SILVA, L. P. Effect of different dietary fiber concentrates on the metabolism and indirect immune response in silver catfish. **Animal Feed Science and Technology**, [s.l.], v. 215, p. 124-132, 2016.
- ADORIAN, T. J.; MOMBACH, P. I.; GOULART, F. R.; LOUREIRO, B. B.; PIANESSO, D.; SILVA, L. P. Dietary fiber in the nutrition of silver catfish: Prebiotic or antinutrient? **Animal Feed Science and Technology**, [s.l.], v. 209, p. 167-173, 2015.
- ADORIAN, T. J.; MOMBACH, P. I.; PIANESSO, D.; LOUREIRO, B. B.; LOVATTO, N. D. M.; GOULART, F. R.; da Silva, L.P. Evaluation of the immune response and performance of catfish fed natural flaxseed fibers in response to hypoxic stress. **Aquaculture Research**, [s.l.], v. 50, no. 10, p. 3060-3069, 2019.
- AEBI, H. Catalase in vitro. In: **METHODS in enzymology**. [S.l.]: Academic Press, p. 121-126, 1984.
- ALARCÓN, F. J.; DÍAZ, M.; MOYANO, F. J. Characterization and functional properties of digestive proteases in two sparids; gilthead seabream (*Sparus aurata*) and common dentex (*Dentex dentex*). **Fish Physiology and Biochemistry**, [s.l.], v. 19, n. 3, p. 257-267, 1998.
- ALMEIDA, L. C.; LUNDSTEDT, L. M.; MORAES, G. Digestive enzyme responses of tambaqui (*Colossoma macropomum*) fed on different levels of protein and lipid. **Aquaculture Nutrition**, [s.l.], v.12, p.443-450, 2006.
- AMIRKOLAIE, A. K.; LEENHOUWERS, J. I.; VERRETH, J. A.; SCHRAMA, J. W. Type of dietary fiber (soluble versus insoluble) influences digestion, feces characteristics and fecal waste production in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). **Aquaculture Research**, [s.l.], v. 36, no. 12, pg. 1157-1166, 2005.
- ANGELIS, R. C. Importância de alimentos vegetais na proteção da saúde: fisiologia da nutrição protetora e preventiva de enfermidades degenerativas. In: IMPORTÂNCIA de alimentos vegetais na proteção da saúde: fisiologia da nutrição protetora e preventiva de enfermidades degenerativas. [S.l.], p. 295-295, 2001.
- AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis**. 17th ed. Washington: AOAC. 2000.
- AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official Methods** 991.43: total, soluble, and insoluble dietary fibre in foods, enzymatic gravimetric method, MES-TRIS buffer. Official methods of analysis. Gaithersburg: Association of Official Analytical Chemists, 1992.

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis**. Gaithersburg: Association of the Agricultural Chemists, 2019.

ARAÚJO, D. M.; BORDINHON, A. M.; FUJIMOTO, R. Y.; SILVA, W. M.; SILVA, D. R.; SILVA, J. Digestibilidade de farinhas de coprodutos de abacaxi, manga e maracujá pelotambaqui (*Colossoma macropomum*). **HOLOS**, [s.l.], v. 5, p. 1-10, 2020.

ARAÚJO-LIMA, C.; GOULDING, M. **Os frutos do tambaqui: ecologia, conservação e cultivo na Amazônia**. [S.l.]: Embrapa Amazônia Ocidental, 1998. p. 188.

ARIDE, P. H. R.; ROUBACH, R.; VAL, A. L. Tolerance response of tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier) to water pH. **Aquaculture Research**, [s.l.], v. 38, n. 6, p. 588-594, 2007.

AZAZA, M. S.; MENSI, F.; KSOURI, J.; DHRAIEF, M. N.; BRINI, B.; ABDELMOULEH, A.; KRAÏEM, M. M. Growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fed with diets containing graded levels of green algae ulva meal (*Ulva rigida*) reared in geothermal waters of southern Tunisia. **Journal of applied ichthyology**, [s.l.], v. 24, n. 2, p. 202-207, 2008.

BEDFORD, A.; GONG, J. Implications of butyrate and its derivatives for intestinal health and animal production. **Animal Nutrition**, [s.l.], v. 4, no. 2, pg. 151-159, 2018.

BERGMAYER, H. U. **Alkaline phosphatase from calf intestine**. methods of enzymatic analysis. [S.l.: s.n.], 1974.

BIANCHI, F.; DALL'ASTA, M.; DEL RIO, D.; MANGIA, A.; MUSCI, M.; SCAZZINA, F. Development of a 17-headspace solid-phase microextraction gas chromatography– mass spectrometric method for the determination of short-chain fatty acids from intestinal fermentation. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 129, n. 1, p. 200-205, 2011.

BRABO, M. F.; DA SILVA, A. R. L.; DAS NEVES BARROS, K. D.; RODRIGUES, R. P.; CAMPELO, D. A. V.; VERAS, G. C. Custo de produção de rações alternativas para peixes onívoros no estado do Pará, Amazônia, Brasil. **Agrarian**, [s.l.], v. 14, n. 51, p.127-135, 2021.

BURY, N. R.; WALKER, P. A.; GLOVER, C. N. Nutritive metal uptake in teleost fish. **Journal of experimental biology**, v. 206, n. 1, p. 11-23, 2003.

CASTILLO, C.; PEREIRA, V.; ABUELO, Á.; HERNÁNDEZ, J. Effect of supplementation with antioxidants on the quality of bovine milk and meat production. **The Scientific World Journal**, [s.l.], v. 2013, 2013.

CATAP, E. S.; JIMENEZ, M. R. R.; TUMBALI, M. P. B. Immunostimulatory and anti-oxidative properties of corn silk from *Zea mays* L. in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **International Journal of Fisheries and Aquaculture**, [s.l.], v. 7, n. 3, p. 30-36, 2015.

CHEN, T.; CHEN, D.; TIAN, G.; ZHENG, P.; MAO, X.; YU, J.; YU, B. Effects of soluble and insoluble dietary fiber supplementation on growth performance, nutrient digestibility, gut microbe and barrier function in weaned piglets. **Science and Technology of Animal Feed**, [s.l.], v. 260, p. 114335, 2020.

CHOCT, M.; HUGHES, R. J.; WANG, J.; BEDFORD, M. R.; MORGAN, A. J.; ANNISON, G. Increased small intestinal fermentation is partly responsible for the anti-nutritive activity of non-starch polysaccharides in chickens. **British poultry science**, [s.l.], v. 37, n. 3, p. 609-621, 1996.

CHUANG, W.Y.; LIN, L.J.; SHIH, H.D.; SHY, Y.M.; CHANG, S.C. E.; LEE, T.T. A utilização potencial de subprodutos agrícolas ricos em fibras como ração animal monogástrica e aditivos alimentares: uma revisão. **Animais**, [s.l.], v. 11, n. 7, pág. 2098, 2021.

CNA. **Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil**, Ed: 30/2021. Disponível em: sut. Ct_PIB2019.30maio2019 (cnabrazil.org.br). Acesso em: 15 abr. 2023.

CORRÊA, C. F.; AGUIAR, L. H.; LUNDSTEDT, L.; MORAES, G. Responses of digestive enzymes of tambaqui (*Colossoma macropomum*) to dietary cornstarch changes and metabolic inferences. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, [s.l.], v. 147, n. 4, p. 857-862, 2007.

COSTA, G.; OLIVEIRA, L.; LIMA, M.; KARSBURG, I.; SCHUINGUES, C. Aspectos morfológicos do estômago de *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818), tambaqui. **Enciclopédia biosfera**, [s.l.], v. 11, n. 22, 2015.

CRUZ, L. S.; LIMA, R. Z.; ABREU, C. M. P.; CORREA, A. D.; PINTO, L. D. M. A. Physical and chemical characterization of fractions of fruit atemoya Gefner/Caracterização física e química das frações do fruto atemoia Gefner. **Ciência Rural**, [s.l.], v. 43, n. 12, p. 2280-2285, 2013.

CUMMINGS, J. H.; EDMOND, L. M.; MAGEE, E. A. Dietary carbohydrates and health: do we still need the fiber concept? **Clinical Nutrition supplements**, [s.l.], v. 1, p. 5- 17, 2004.

DA SILVA, J. A. M.; PEREIRA-FILHO, M.; DE OLIVEIRA-PEREIRA, M. I. Variação sazonal de nutrientes e energia do alimento natural do tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1918). **Revista Brasileira de Biologia**, [s.l.], v. 60, p. 599-605, 2000.

DIKEMAN, C. L.; FAHEY, JR.; GEORGE, C. Viscosity as related to dietary fiber: a review. **Critical reviews in food science and nutrition**, [s.l.], v. 46, n. 8, p. 649-663, 2006.

ĐILAS, S.; ČANADANOVIĆ-BRUNET, J.; ČETKOVIĆ, G. By-products of fruits processing as a source of phytochemicals. **Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly/CICEQ**, [s.l.], v. 15, n. 4, p. 191-202, 2009.

DIOUNDICK, O. B.; STOM, D. I. Effects of dietary α -cellulose levels on the juvenile tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Peters). **Aquaculture**, [s.l.], v. 91, n. 3-4, p.

311-315, 1990.

DUST, J. M.; GAJDA, A. M.; FLICKINGER, E. A.; BURKHALTER, T. M.; MERCHEN, N. R.; FAHEY JR, G. C. Extrusion conditions affect chemical composition and in vitro digestion of select food ingredients. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s.l.], v. 52, p. 2989-2996, 2004.

ENES, P.; POUSÃO-FERREIRA, P.; SALMERÓN, C.; CAPILLA, E.; NAVARRO, I.; GUTIÉRREZ, J.; OLIVA-TELES, A. Effect of guar gum on glucose and lipid metabolism in white sea bream *Diplodus sargus*. **Fish physiology and biochemistry**, [s.l.], v. 39, p. 159-169, 2013

FABEK, H., MESSERSCHMIDT, S., BRULPORT, V., & GOFF, H. D. The effect of in vitro digestive processes on the viscosity of dietary fibres and their influence on glucose diffusion. **Food Hydrocolloids**, [s.l.], v. 35, p. 718-726, 2014.

FABREGAT, T. E. H. P.; RODRIGUES, L. A.; NASCIMENTO, T. M.; URBINATI, E. C.; SAKOMURA, N. K.; FERNANDES, J. B. K. Fontes de fibra na alimentação do pacu: desempenho, composição corporal e morfometria intestinal. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, [s.l.], v. 63, p. 1533-1540, 2011.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2022**. Towards Blue Transformation. Rome: FAO, 2022.

FATURI, C.; EZEQUIEL, J. M. B.; FONTES, N. A.; STIAQUE, M. G.; SILVA, O. G. D. C. Fibra solúvel e amido como fontes de carboidratos para terminação de novilhos em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [s.l.], v. 35, p. 2110-2117, 2006.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION, HHS. Food labeling: revision of the nutrition and supplement facts labels. Final rule. **Federal register**, [s.l.], v. 81, n. 103, p. 33741- 33999, 2016.

FRACALOSSI, D.M.; RODRIGUES, A.P.O.; GOMINHO-ROSA, M.C. Carboidratos e Fibras. In: NUTRIAQUA: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira. 1. ed. Florianópolis: **Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática**, [s/] cap.6. p.101-119, 2013..

FRANCIS, G.; MAKKAR, H. P.; BECKER, K. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. **Aquaculture**, [s.l.], v. 199, n. 3-4, p. 197-227, 2001.

FURUKAWA, A.; TSUKAHARA, H. On the acid digestion method for the determination of chromic oxide as an index substance in the study of digestibility of fish feed. **Nippon Suisan Gakkaishi**, [s.l.], v. 32, n. 6, p. 502-506, 1966.

GALISTEO, M.; DUARTE, J.; ZARZUELO, A. Effects of dietary fibers on disturbances clustered in the metabolic syndrome. **The Journal of nutritional biochemistry**, [s.l.], v. 19, n. 2, p. 71-84, 2008.

GANESH, K. S.; SRIDHAR, A.; VISHALI, S. Utilization of fruit and vegetable waste to produce value-added products: Conventional utilization and emerging

opportunities-Areview. **Chemosphere**, [s.l.], v. 287, p. 132221, 2022.

GARCIA, J. E.; PEZZATO, L. E.; ZANIBONI FILHO, E.; VICENTINI, C. A. Utilização da fibra bruta na nutrição da piracanjuba (*Brycon orbignyanus*). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, [s.l.], v. 21, p. 725-731, 1999.

GARLOCK, T.; ASCHE, F.; ANDERSON, J.; BJØRNDAL, T.; KUMAR, G.; LORENZEN, K.; ROPICKI, A.; SMITH, M. D.; TVETERÅS, R. A. global blue revolution: aquaculture growth across regions, species, and countries. **Reviews in Fisheries Science & Aquaculture**, [s.l.], v. 28, n. 1, p. 107-116, 2020.

GASCO, L.; ACUTI, G.; BANI, P.; DALLE ZOTTE, A.; DANIELI, P. P.; DE ANGELIS, A.; RONCARATI, A. Insect and fish by-products as sustainable alternatives to conventional animal proteins in animal nutrition. **Italian Journal of Animal Science**, [s.l.], v. 19, n. 1, p. 360-372, 2020.

GATESOUPPE, F. J.; HUELVAN, C.; LE BAYON, N.; SÉVÈRE, A.; AASEN, I. M.; DEGNE, K. F.; KAUSHIK, S. J. The effects of dietary carbohydrate sources and forms on metabolic response and intestinal microbiota in sea bass juveniles, *Dicentrarchus labrax*. **Aquaculture**, [s.l.], v. 422, p. 47-53, 2014.

GIBSON, G. R.; ROBERFROID, M. B. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. **The Journal of nutrition**, [s.l.], v. 125, n.6, p. 1401-1412, 1995.

GIDLEY, M. J.; YAKUBOV, G. E. Functional categorization of dietary fiber in foods: Beyond 'soluble' vs 'insoluble'. **Trends in Food Science and Technology**, [s.l.], v. 86, p. 563-568, 2019.

GLENCROSS, B. D. A feed is still only as good as its ingredients: An update on the nutritional research strategies for the optimal evaluation of ingredients for aquaculture feeds. **Aquaculture Nutrition**, [s.l.], v. 26, n. 6, p. 1871-1883, 2020.

GLENCROSS, B.; RUTHERFORD, N.; BOURNE, N. The influence of various starchy and non-starchy polysaccharides on the digestibility of diets fed to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, [s.l.], v. 356, p. 141-146, 2012.

GOLTERMAN, H. L.; CLYMO, R. S.; OHNSTAD, M. A. M. **Methods for physical & chemical analysis of 18 freshwaters**. Oxford: Blackwell Scientific Publication, 1978. p. 213.

GOMES, L. C.; SIMÕES, L. N.; ARAÚJO-LIMA, C. A. R. M.; BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L. C. Tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. 2. ed. Santa Maria [s.n.], 2010. p.175-204.

GONÇALVES, G. S.; FURUYA, W. M. Digestibilidade aparente de alimentos pelo piavuçu, *Leporinus macrocephalus*. **Acta Scientiarum**, [s.l.], v. 26, n. 2, p. 165-169, 2004.

GOULART, F. R. **Potencial prebiótico de diferentes concentrados de fibra alimentar na dieta de juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*)**. 2015. 149 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Santa Maria, 2015.

GOULART, F.R.; LOVATTO N.M.; KLINGER A.C.; ADORIAN T.J.; MOMBACH P.I.; PIANESSO D.; SILVA L.P. Effect of dietary fiber concentrates on growth performance, intestinal morphology and hepatic metabolic intermediates in catfish (*Rhamdia quelen*). **Brazilian Archive of Veterinary Medicine and Animal Science**, [s.l.], v. 70, p. 1633-1640, 2018.

GOULDING, M.; CARVALHO, M. L. Life history and management of the Tambaqui, (*Colossoma macropomum*, Characidae): An important Amazonian food fish. **Revista Brasileira Zoologia**, [s.l.], v.1, p.107-133, 1982.

GRESSLER, L. T.; SUTILI, F. J.; LOEBENS, L.; SACCOL, E. M. H.; PÊS, T. S; PARODY, T. V.; COSTA, S. T.; Pavanato, M.A.; Baldisserotto, B. Histological and antioxidant responses in *Rhamdia quelen* sedated with propofol. **Aquacult. Res.**, [s.l.], v. 47, p. 2297-2306, 2006.

HANSEN, J. Ø.; STOREBAKKEN, T. Effects of dietary cellulose level on pellet quality and nutrient digestibilities in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, [s.l.], v. 272, n. 1-4, p. 458-465, 2007.

HOLSCHER, HD. Dietary fiber and prebiotics and the gastrointestinal microbiota. **Gut microbes**, [s.l.], v. 8, no. 2, pg. 172-184, 2017.

HONDA, E. M. S. Contribuição ao conhecimento da biologia de peixes do Amazonas. II Alimentação de tambaqui, *Colossoma bidens* (Spix). **Acta Amazonica**, [s.l.], v. 4, p.47-53, 1974.

ISMIÑO-ORBE, R. A.; ARAUJO-LIMA, C. A. R. M.; GOMES, L. D. C. Excreção de amônia por tambaqui (*Colossoma macropomum*) de acordo com variações na temperatura da água e massa do peixe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s.l.], v. 38, p. 1243-1247, 2003.

JHA, R.; FOUHSE, JM.; TIWARI, U.; LI, L.; WILLING BP. Dietary fiber and intestinal health in monogastric animals. **Frontiers of Veterinary Science**, [s.l.], v. 6, p. 48, 2019.

JIMÉNEZ-ESCRIG, A.; SÁNCHEZ-MUNIZ, F. J. Dietary fibre from edible seaweeds: Chemical structure, physicochemical properties and effects on cholesterol metabolism. **Nutrition research**, [s.l.], v. 20, n. 4, p. 585-598, 2000.

JIMOH, W. A.; KAMARUDIN, M. S.; SULAIMAN, M. A.; DAUDA, A. B. Assessment of prebiotic potentials in selected leaf foods of high dietary fiber on growth performance, body composition, nutrient utilization and amylase activities of a tropical commercial carp fingerlings. **Aquaculture Research**, [s.l.], v. 50, n. 11, p. 3401-3411, 2019.

JUNIOR, R. G.; CAVALI, J.; PORTO, M. O.; FERREIRA, E.; & STACHIW, R. Resíduos agroindustriais e alimentação de ruminantes. Revista Brasileira de Ciências da Amazônia/Brazilian. **Journal of Science of the Amazon**, [s.l.], v. 3, n. 1, p. 93-104, 2014.

KAMARUDIN, M. S.; SULAIMAN, M. A.; ISMAIL, M. F. Effects of dietary crude fiber level on growth performance, body composition, liver glycogen and intestinal short

chain fatty acids of a tropical carp (*Barbonymus gonionotus*♀ X *Hypsibarbus wetmorei* male♂). **Journal of Environmental Biology**, [s.l.], v. 39, n. 5, p. 813-820, 2018.

KAMUNDE, C.; SAPPAL, R.; MELEGY, T.M. Brown seaweed (AquaArom) supplementation increases food intake and improves growth, antioxidant status and resistance to temperature stress in Atlantic salmon, *Salmo salar*. **PLoS One**, [s.l.], v. 14, n.7, p. e0219792, 2019.

KOROLEFF, F. Determination of nutrients. In: GRASHOF, E.; KREMLING, E. (org.). Methods of seawater analysis. German: Verlag Chemie Weinheim, 1976. p.181.

LANNA, E. A. T.; PEZZATO, L. E.; CECON, P. R.; FURUYA, W. M.; BOMFIM, M. A. D. Apparent digestibility and gastrointestinal transit in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in function of the dietary crude fiber. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [s.l.], v. 33, p. 2186-2192, 2004.

LEENHOUWERS, J. I.; ADJEI-BOATENG, D.; VERRETH, J. A. J.; SCHRAMA, J. W. Digesta viscosity, nutrient digestibility and organ weights in African catfish (*Clarias gariepinus*) fed diets supplemented with different levels of a soluble non-starch polysaccharide. **Aquaculture Nutrition**, [s.l.], v. 12, n. 2, p. 111-116, 2006.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Lehninger: principles of biochemistry**. [S.l.]: Macmillan, 2005.

LEMONS, M. V. A.; GUIMARÃES, I.G.; MIRANDA, E. C. Farelo de casca de coco em dietas para tambaqui (*Colossoma macropomum*). **R. Bras. Saúde Prod. Anim.**, [s.l.], 2011.

LEYVA-LÓPEZ, N.; LIZÁRRAGA-VELÁZQUEZ, C. E.; HERNÁNDEZ, C.; SÁNCHEZ-GUTIÉRREZ, E. Y. Exploitation of agro-industrial waste as potential source of bioactive compounds for aquaculture. **Foods**, [s.l.], v. 9, n. 7, p. 843, 2020.

LI, M. H.; OBERLE, D. F.; LUCAS, P. M. Effects of dietary fiber concentrations supplied by corn bran on feed intake, growth, and feed efficiency of channel catfish. **North American Journal of Aquaculture**, [s.l.], v. 74, n. 2, p. 148-153, 2012.

LOUSADA JUNIOR, J. E.; NEIVA, J. N. M.; RODRIGUEZ, N. M.; PIMENTEL, J. C. M.; LÔBO, R. N. B. Consumo e digestibilidade de subprodutos do processamento de frutas em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [s.l.], v. 34, p. 659-669, 2005.

LUCAS, B. N.; SCHU, A. I.; DALLA NORA, F. M. Benefícios dos compostos bioativos encontrados em resíduos agroindustriais utilizados na alimentação animal. **Compostos Bioativos e suas Aplicações**, [s.l.], p. 208, 2021.

MAGALHÃES ARAUJO, D.; BORDINHON, A. M.; FUJIMOTO, R. Y.; SILVA, W. M.; SILVA, D. R. Digestibilidade de Farinhas de Coprodutos de Abacaxi, Manga e Maracujá pelo Tambaqui (*Colossoma macropomum*). **HOLOS**, [s.l.], v. 5, p. 1-10, 2020.

MANIKANDAN, K.; FELIX, N.A.T.H.A.N.; AHILAN, B.S.; ANTHONY, C.H.E.R.Y.L. Fructans: a valuable and functional additive as a prebiotic in promoting disease prevention in modern aquaculture. **J. Aquacult. Trop**, [s.l.], v. 35, p. 67-79, 2020.

MANNARINO, I. C.; GERUDE, M.; FREITAS, P. D. Patologias do Cólon. In: AUGUSTO, A. L. D. **Terapia Nutricional**, [s.l.]São Paulo, Atheneu, 2005.

MOMBACH, P. I.; ADORIAN, T. J.; GOULART, F. R.; MARTINELLI, S. G.; DALCIN, M. O.; VEIVERBERG, C. A.; SILVA, L. P. D. The effects of fermentable dietary fiber on performance and metabolism of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, [s.l.], v. 63, 2020.

MOMBACH, P. I.; ADORIAN, T. J.; PIANESSO, D.; RODRIGUES GOULART, F.; LOEBENS, L.; FAGUNDES, M. B.; DA SILVA, L. P. Pectic hydrolysates in the diet of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): Performance, nutritional composition, histological parameters, enzymatic activity, hepatic parameters and intestinal contents. **Aquaculture Research**, [s.l.], v. 52, n. 6, p. 2662-2671, 2021.

MONTAGNE, L.; PLUSKE, J. R.; HAMPSON, D. J. A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. **Animal Feed Science and Technology**, [s.l.], v. 108, n. 1-4, p. 95–117, ago. 2003.

MORGADO, E.; GALZERANO, L. Fibra na nutrição de animais com fermentação no intestino grosso. **Revista Electrónica de Veterinaria**, [s.l.], v. 10, n. 7, p. 1-13, jul. 2009.

MUSSATTO, S. I.; MANCILHA, I. M. Nondigestible oligosaccharides: a review. **Carbohydrate Polymers**, [s.l.], v. 68, n. 3, p. 587–597, 2011.

MYER, R. O.; BRENDemuHL, J. H.; JOHNSON, D. D. Evaluation of dehydrated restaurant food waste products as feedstuffs for finishing pigs. **Journal of animal science**, [s.l.], v. 77, n. 3, p. 685-692, 1999.

NASCIMENTO FILHO, W. B.; FRANCO, C. R. Avaliação do potencial dos resíduos produzidos através do processamento agroindustrial no Brasil. **Revista Virtual de Química**, [s.l.], v. 7, n. 6, p. 1968- 1987, 2015.

NAYLOR, R. L.; GOLDBURG, R. J.; PRIMAVERA, J. H.; KAUTSKY, N.; BEVERIDGE, M. C. M.; CLAY, J.; TROELL, M. Effect of aquaculture on world fish supplies. **Nature**, [s.l.], 2000.

NEYRÃO, I.; RICHTER, B. L.; SANTOS, S. F. M.; FIGUEIRÓ, R. P.; DOS SANTOS, L. F. R.; LOPES, P. R. S. Avaliação do Desempenho Zootécnico de Juvenis de Jundiá *Rhamdia quelen* Alimentados com Castanha-do-Pará *Bertholletia excelsa*: Resultados Preliminares. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, [s.l.], v. 6, n. 2, 2014.

NUNES, É. D. S. S.; CAVERO, B. A. S.; PEREIRA-FILHO, M.; ROUBACH, R. Enzimas digestivas exógenas na alimentação de juvenis de tambaqui. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s.l.], v. 41, p. 139- 143, 2006.

OGUNKALU, O. Effects of Feed Additives in Fish Feed for Improvement of Aquaculture. Eurasian **Journal of Food Science and Technology**, [s.l.], v. 3, n. 2, p. 49- 57, 2019.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Transformando nosso mundo: a agenda 2030 para desenvolvimento sustentável**. 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br>. Acesso em 04. abril.2023.

PEIXE BR – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PISCICULTURA. **Anuário Peixe BR 2023**. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario/>. Acesso em: 04 mar. 2023.

PEREIRA, U. C.; BARROS, R. G. C.; SANTANA, P. M. S.; ALMEIDA, A. C. A.; VIEIRA, J. S.; MATOS, N. M.; BOMFIM, C. N. C. Influence of guava residue on tambaqui growth performance. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, [s.l.], v. 44, p. 1-9, 2022.

PÉREZ-JIMÉNEZ, A.; HIDALGO, M. C.; MORALES, A. E.; ARIZCUN, M.; ABELLÁN, E.; CARDENETE, G. Antioxidant enzymatic defenses and oxidative damage in Dentex dentex fed on different dietary macronutrient levels. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, [s.l.], v. 150, n. 4, p. 537-545, 2009.

PETERSEN, B.; SNAPP, S. What is sustainable intensification? Views from experts. **Land use policy**, [s.l.], v. 46, p. 1-10, 2015.

PFLEIDERER, G. Particle-bound aminopeptidase from pig kidney. *In: Methods in Enzymology*. [S.l.]: Academic Press, 1970. p. 514-521.

PINOTTI, L.; MANONI, M.; FUMAGALLI, F.; ROVERE, N.; LUCIANO, A.; OTTOBONI, M.; DJURAGIC, O. Reduce, reuse, recycle for food waste: A second life for fresh-cut leafy salad crops in animal diets. **Animals**, [s.l.], v. 10, n. 6, p. 1082, 2020.

POP, C.; SUHAROSCHI, R.; POP, O. L. Dietary fiber and prebiotic compounds in fruits and vegetables food waste. **Sustainability**, [s.l.], v. 13, n. 13, p. 7219, 2021.

POTTER, N. N.; HOTCHKISS, J. H.; POTTER, N. N.; HOTCHKISS, J. H. Constituents of foods: properties and significance. **Food Science**, v. 5, p. 24-45, 1995.

PRASAD, K. N.; BONDY, S. C. Dietary fibers and their fermented short-chain fatty acids in prevention of human diseases. **Bioactive carbohydrates and dietary fibre**, [s.l.], v. 17, p. 100170, 2019.

QIANG, J.; KHAMIS, O. A.; JIANG, H. J.; CAO Z. M.; HE, J.; TAO, Y. F.; XU, P.; BAO, J. W. Efeitos da suplementação dietética com pó de casca de maçã sobre o crescimento, parâmetros sanguíneos e hepáticos e transcriptoma de tilápia cultivada geneticamente melhorada (GIFT, *Oreochromis niloticus*). **PLoS One**, [s.l.], 2019.

RAHMAN, A. N. A.; ELHADY, M.; SHALABY, S. I. Efficacy of the dehydrated lemon peels on the immunity, enzymatic antioxidant capacity and growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and African catfish (*Clarias gariepinus*). **Aquaculture**, [s.l.], v. 505, p. 92-97, 2019.

RAJ, T.; CHANDRASEKHAR, K.; MORYA, R.; PANDEY, A. K.; JUNG, J. H.; KUMAR, D.; KIM, S. H. Critical challenges and technological breakthroughs in food waste hydrolysis and detoxification for fuels and chemicals production. **Bioresource Technology**, [s.l.], p. 127512, 2022.

RODRIGUES, L. A.; FERNANDES, J. B. K.; FABREGAT, T. E. H. P.; SAKOMURA, N. K. Desempenho produtivo, composição corporal e parâmetros fisiológicos de pacu alimentado com níveis crescentes de fibra. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s.l.], v. 45, p. 897-902, 2010.

ROTTA, M. A. **Aspectos gerais da fisiologia e estrutura do sistema digestivo dos peixes**. [S.l.]: Embrapa, 2003.

SANTIGOSA, E.; SÁNCHEZ, J.; MÉDALE, F.; KAUSHIK, S.; PÉREZ-SÁNCHEZ, J.; GALLARDO, M. A Modifications of digestive enzymes in trout (*Oncorhynchus mykiss*) and sea bream (*Sparus aurata*) in response to dietary fish meal replacement by plant protein sources. **Aquaculture**, [s.l.], v. 282, n. 1-4, p. 68-74, 2008.

SCHNEEMAN, B. O. Soluble vs insoluble fiber: different physiological responses. **Food Technology**, [s.l.], 1987.

SELVENDRAN, R. R.; DU PONT, M. S. Simplified methods for the preparation and analysis of dietary fibre. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [s.l.], v. 31, n. 11, p. 1173-1182, 1980.

SILVA, A. M.; OLIVEIRA, R. L.; RIBEIRO, O. L.; BAGALDO, A. R.; BEZERRA, L. R.; CARVALHO, S. T.; LEÃO, A. G. Valor nutricional de resíduos da agroindústria para alimentação animal. **Comunicata Scientiae**, [s.l.], v. 5, n. 4, p. 370-379, 2014.

SILVA, J. A. M. D.; PEREIRA FILHO, M.; OLIVEIRA-PEREIRA, M. I. D. Frutos e sementes consumidos pelo tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) incorporados em rações: digestibilidade e velocidade de trânsito pelo trato gastrointestinal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [s.l.], v. 32, p. 1815-1824, 2003.

SINHA, A.K.; KUMAR, V.; MAKAR, H.P.; DE BOECK, G.; BECKER, K. Non-starch polysaccharides and their role in fish nutrition - A review. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 127, n. 4, p. 1409-1426, 2011.

SINHA, S.; TRIPATHI, P. Trends and challenges in valorisation of food waste in developing economies: A case study of India. **Case Studies in Chemical and Environmental Engineering**, [s.l.], v. 4, p. 100162, 2021.

SOUZA, A. M. D.; CAMPECHE, D. F. B.; MORAES, G.; MELO, F. V. S. T. D.; CRUZ NETO, M. A. D.; MELO, J. F. B. Substituição do farelo de milho por farinha de manga em dietas para tambaqui *Colossoma macropomum* juvenil: crescimento e

parâmetros metabólicos. **Boletim do Instituto de Pesca**, [s.l.], v. 44, n. 3, p. 248-248, 2018.

STEPHEN, A. M.; CHAMP, M. M. J.; CLORAN, S. J.; FLEITH, M.; VAN LIESHOUT, L.; MEJBORN, H.; BURLEY, V. Dietary fibre in Europe: current state of knowledge on definitions, sources, recommendations, intakes and relationships to health. **Nutrition research reviews**, [s.l.], v. 30, n. 2, p. 149-190, 2017.

STEVENS, J. R.; NEWTON, R. W.; TLUSTY, M.; LITTLE, D. C. The rise of aquaculture by-products: Increasing food production, value, and sustainability through strategic utilisation. **Marine Policy**, [s.l.], v. 90, p. 115-124, 2018.

STOREBAKKEN, T.; KVIEN, I. S.; SHEARER, K. D.; GRISDALE-HELLENAD.; HELLAND, S. J.; BERGE, G. M. The apparen digestibility of diets containing fish meal, soybean meal or bacterial meal fed atlantic salmon *Salmo salar*: evaluation of diferente faecal collection methods. **Aquaculture**, [s.l.], v. 169, n. 3-4, p. 195-210, 1998.

TACON, A. G. J.; WEBSTER, J. L.; MARTINEZ, C. A. Use of solvent extracted sunflower seed meal in complete diets for fingerling rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson). **Aquaculture**, [s.l.], v. 43, n. 4, p. 381-389, 1984.

TEIXEIRA, U. H. G.; SIMIONI, T. A.; MOUSQUER, C. J.; GOMES, F. J.; DE PAULA, D. C.; BOTINI, L. A.; DALMASO, A. C. Co-produtos agroindustriais para suplementos. **PUBVET**, [s.l.], v. 8, p. 1698-1821, 2014.

VALLADÃO, G.M.R.; GALLANI, S.U.; PILARSKI, F. SOUTH American fish for continental aquaculture. **Reviews in Aquaculture**, [s.l.], v. 10, n. 2, p. 351-369, 2018.

WANG, C. A.; XU, Z.; LU, S.; JIANG, H.; LI, J.; WANG, L.; LI, Z. Effects of dietary xylooligosaccharide on growth, digestive enzymes activity, intestinal morphology, andthe expression of inflammatory cytokines and tight junctions genes in triploid *Oncorhynchus mykiss* fed a low fishmeal diet. **Aquaculture Reports**, [s.l.], v. 22, p.100941, 2022.

WANG, C. Y.; LI, Z. B. Growth performance, digestive enzyme activity and immune response of Japanese sea bass, *Lateolabrax japonicus* fed with fructooligosaccharide. **Aquaculture Nutrition**, [s.l.], v. 26, n. 2, p. 296-305, 2020.

WILLIAMS, B. A.; MIKKELSEN, D.; FLANAGAN, B. M.; GIDLEY, M. J. Dietary fibre: moving beyond the “soluble/insoluble” classification for monogastric nutrition, with an emphasis on humans and pigs. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, [s.l.], v. 10, n. 1, p. 1-12, 2019.

XAVIER, D.; BRANDÃO, V.; SILVA, F.; BRANDÃO, L.; SOUZA, R. A. Torta de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) em dietas para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*-Cuvier, 1818). **Pubvet**, [s.l.], v. 10, n.11, p. 795-803, 2014.

YANG, K.; QING, Y.; YU, Q.; TANG, X.; CHEN, G.; FANG, R.; LIU, H. By-product feeds: Current understanding and future perspectives. **Agriculture**, [s.l.], v. 11, n. 3, p.207, 2021.

YE, J. D.; WANG, K.; LI, F. D.; SUN, Y. Z. Single or combined effects of fructo-and mannan oligosaccharide supplements and *Bacillus clausii* on the growth, feed utilization, body composition, digestive enzyme activity, innate immune response and lipid metabolism of the Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. **Aquaculture nutrition**, [s.l.], v. 17, n. 4, p. e902-e911, 2011

ZHANG, N.; HUANG, C.; OU, S. In vitro binding capacities of three dietary fibers and their mixture for four toxic elements, cholesterol, and bile acid. **Journal of hazardous materials**, [s.l.], v. 186, n. 1, p. 236-239, 2011.

ZHOU, Q. C.; YUE, Y. R. Apparent digestibility coefficients of selected feed ingredients for juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* × *Oreochromis aureus*. **Aquaculture Research**, [s.l.], v. 43, n. 6, p. 806-814, 2012.

ZOU, C.; FANG, Y.; LIN, N.; LIU, H. Polysaccharide extract from pomelo fruitlet ameliorates diet-induced nonalcoholic fatty liver disease in hybrid grouper (*Epinephelus lanceolatus* ♂ × *Epinephelus fuscoguttatus* ♀). **Fish & Shellfish Immunology**, [s.l.], v. 119, p. 114-127, 2021.

ZU ERMGASSEN, E. K.; PHALAN, B.; GREEN, R. E.; BALMFORD, A. Reducing the land use of EU pork production: where there's swill, there's a way. **Food policy**, [s.l.], v.58, p. 35-48, 2016.