



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA PARA RECURSOS AMAZÔNICOS - PPGCTRA



RAI VASCONCELOS COSTA

EFEITO DA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS NO
DESENVOLVIMENTO DO TRATO INTESTINAL DE JUVENIS DE TAMBAQUI
(Colossoma macropomum)

ITACOATIARA

2024

RAI VASCONCELOS COSTA

**EFEITO DA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS NO
DESENVOLVIMENTO DO TRATO INTESTINAL DE JUVENIS DE TAMBAQUI**
(Colossoma macropomum)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos – PPGCTRA, da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para a obtenção do título de mestre em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos.

ORIENTADOR: Dr. TIAGO VIANA DA COSTA

ITACOATIARA-AM

2024

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

C837e Costa, Rai Vasconcelos
Efeito da utilização de resíduos agroindustriais no desenvolvimento do trato intestinal de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) / Rai Vasconcelos Costa . 2024
60 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Tiago Viana da Costa
Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Dieta alternativa. 2. Histologia intestinal . 3. Morfologia corporal . 4. Resíduos de frutas. I. Costa, Tiago Viana da. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título



RAÍ VASCONCELOS COSTA

Efeito da utilização de resíduos agroindustriais no desenvolvimento do trato intestinal de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos da Universidade Federal do Amazonas, como parte do requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos, área de concentração Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Recursos Amazônicos.

Aprovado(a) em 15.11.2024.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
gov.br TIAGO VIANA DA COSTA
Data: 17/11/2024 11:38:10-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Tiago Viana da Costa

Documento assinado digitalmente
gov.br EYNER GODINHO DE ANDRADE
Data: 16/11/2024 18:01:51-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Eyner Godinho de Andrade

Documento assinado digitalmente
gov.br NOÉDSON DE JESUS BELTRÃO MACHADO
Data: 15/11/2024 20:28:25-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Noédson de Jesus Beltrão Machado

Rua Nossa Senhora do Rosário, 3863, Tiradentes. CEP: 69103-128 – Itacoatiara/AM

Telefone: (92) 99271-8661 e-mail: secretariappgctra@ufam.edu.br

Acima de tudo agradeço a Deus por mais esta realização. Aos meus pais, Waldeise Vasconcelos Costa e Raimundo Ribeiro Costa, por sempre me incentivarem a buscar meus objetivos. Aos meus irmãos que direta ou indiretamente estavam torcendo pela conclusão desta etapa da minha vida; À Jaciana Góes Gonçalves pela parceria e por compreender que esse sonho era nosso e por último e não menos importante, meu filho Marcelo Benjamim, que é a razão dos meus esforços diários.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Ao plano superior invisível que me fornece forças todos os dias, para continuar na busca da realização dos meus sonhos;

Ao meu orientador Professor Dr. Tiago Viana da Costa, por me proporcionar essa oportunidade e por acreditar na minha capacidade;

A minha esposa Jaciana Góes Gonçalves e meu filho Marcelo Benjamim Gonçalves Vasconcelos por serem meu porto seguro e o aconchego nas horas de incertezas;

A meus pais, Raimundo Ribeiro Costa e Waldeise Vasconcelos Costa que através do exemplo que são me guiaram no caminho do conhecimento;

A meus irmãos Jean Carlos Vasconcelos Costa, Railson Vasconcelos Costa, João Kenedy Vasconcelos Costa, Patrícia Vasconcelos Costa, Jaciara Vasconcelos Costa, Vilma Vasconcelos Costa, Waldei Vasconcelos Costa, Rallyme Vasconcelos Costa, Felipe Vasconcelos Costa e Rachel Vasconcelos Costa pelo apoio incondicional para que eu pudesse realizar esse sonho;

Agradeço aos meus cunhados (as) Rooney Augusto Vasconcelos Barros, Gilmar Machado de Souza, Luciana Paixão Gonçalves, Maria Raimunda Carneiro Carvalho, Maria Raimunda Alves pelas palavras de consolo e principalmente pela ajuda nos momentos difíceis;

Aos meus sobrinhos Luan Carlos Vasconcelos, Isabele Costa, Lanna Victoria Vasconcelos, Gabriel Vasconcelos, João Guilherme Vasconcelos, Sophie Gabrielly Vasconcelos, Eloiza Vasconcelos, Rafael Vasconcelos e Victor Vasconcelos por serem a fonte de alegria na nossa família deixando a árdua missão mais leve;

A minha avó materna Creuza Teixeira de Vasconcelos e *in memoriam* dos meus avós Álvaro Paixão, João Barbosa Costa e Jacira Ribeiro Costa que através dos seus ensinamentos contribuíram no que sou hoje;

Agradeço aos amigos do peito e parceiros de todas as horas Brendow Matheus Koide Cascais, Rodrigo Ferreira da Silva, Elis Loureiro Azedo, Keiner Rodrigues da Silva, Virna Ribeiro Hayden, Alcimery Nascimento de Oliveira, Carlos Adenyr Pachêco Brandão, Diego Felix Vieira, Maria do Carmo Ribeiro de Sena e Artemizia de Souza Farias, obrigado pelos bons momentos, que deixaram esse fardo mais leve e principalmente pela amizade verdadeira.

Agradeço aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos, que fizeram parte desse processo de aprendizagem e me possibilitaram chegar até aqui;

A equipe do Laboratório de Aquicultura – Laqua/ICSEZ da Universidade Federal do Amazonas, e em especial ao coordenador Tiago Viana da Costa e aos colaboradores, Hélio Jacobson, Wendel Gloria, João Pedro Cidade, Brendow Matheus Koide Cascais, Larissa Yasmim, Jacinara Santos, Jamilly Caldeira pelo apoio na realização deste trabalho;

Por fim, agradeço a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM, por investir no desenvolvimento da região através do conhecimento.

MUITO OBRIGADO!

*O conhecimento é uma ferramenta, e
como todas as ferramentas, o seu impacto
está nas mãos de quem a usa.*

Dan Brown

RESUMO

A piscicultura brasileira apresenta um vasto potencial produtivo, impulsionado pelas características naturais distintas do território nacional, que convergem para proporcionar a esta atividade índices produtivos satisfatórios nos últimos anos, no entanto há ainda alguns desafios a serem superado, principalmente no campo da nutrição. Ao mesmo tempo a produção de frutas tropicais coloca o Brasil nos primeiros lugares nos rankings de produção, o que gera uma série de resíduos agroindustriais com grande potencial para criação de novos subprodutos de alta qualidade, que podem ser utilizados na nutrição animal. Esta pesquisa teve como objetivo avaliar o uso de resíduos agroindustriais em dietas para juvenis de tambaqui através da análise morfológica e histológica do trato intestinal. Portanto, foram preparadas três dietas experimentais, sendo uma sem adição de resíduo de frutas (controle), uma contendo 30% de resíduos de acerola e outra contendo 30% de resíduos de goiaba, testadas por 90 dias em juvenis de tambaqui em sistema de caixas d'água de 1000L. Foram analisados os parâmetros da morfologia corporal, índices digestivos e a histologia intestinal e do fígado. Dos resultados obtidos para morfologia corporal e índices digestivos apenas o comprimento do intestino apresentou diferença significativa entre os tratamentos, sendo o de maior tamanho daqueles peixes alimentados com dieta contendo resíduos de acerola. Em relação aos parâmetros histológicos do intestino, a dieta controle apresentou melhor desempenho para altura das vilosidades intestinais, dos enterócitos, supranuclear e das microvilosidades da porção inicial do intestino. Os tratamentos contendo resíduos não diferiram entre si para estas variáveis. Desta forma, pode-se concluir que apesar dos peixes alimentados com a ração controle apresentarem melhores características para histologia intestinal, os peixes alimentados com as dietas com resíduos de acerola e goiaba modularam seu trato digestório para melhor aproveitar os nutrientes das dietas obtendo os mesmos ganhos produtivos que os peixes alimentados com uma dieta convencional.

Palavras-chave: resíduos de frutas, histologia intestinal, dieta alternativa, morfologia corporal.

ABSTRACT

Brazilian fish farming has vast production potential, driven by the distinct natural characteristics of the country, which have converged to provide this activity with satisfactory production rates in recent years. However, there are still some challenges to overcome, especially in nutrition. At the same time, tropical fruit production puts Brazil at the top of the production rankings, which generates a series of agro-industrial residues with great potential to create new high-quality by-products for use in animal nutrition. This research aimed to evaluate the use of agro-industrial waste in diets for juvenile tambaqui through morphological and histological analysis of the intestinal tract. Therefore, three experimental diets were prepared, one without the addition of fruit waste (control), one containing 30% acerola waste and another containing 30% guava waste, tested for 90 days on juvenile tambaqui in a 1000L water tank system. Body morphology parameters, digestive indices and intestinal and liver histology were analyzed. Of the results obtained for body morphology and digestive indices, only the length of the intestine showed a significant difference between the treatments, with the largest fish being those fed a diet containing acerola waste. With regard to the histological parameters of the intestine, the control diet showed better performance in terms of the height of the intestinal villi, enterocytes, supranuclear villi, and microvilli in the initial portion of the intestine. The treatments containing residues did not differ for these variables. It can, therefore, be concluded that although the fish fed the control diet had better intestinal histological characteristics, the fish fed the diets containing acerola and guava waste modulated their digestive tracts to make better use of the nutrients in the diets, obtaining the same productive gains as the fish fed a conventional diet.

Key words: fruit residues, intestinal histology, alternative diet, body morphology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Juvenil de tambaqui.	6
Figura 2 - Análise morfométrica intestinal de juvenil de tambaqui: (A) 1-medida do comprimento padrão; (B) 2-boca, 3-fígado, 4-vesícula biliar, 5-intestino, 6-ânus, 7-bexiga natatória; (C) 8-exôfago, 9-fígado, 10-estômago, 11-vesícula biliar, 12-porção inicial do intestino, 13-porção média do intestino, 14-ânus, 15-local onde foi retirada as amostras da porção inicial do intestino, 16-local onde foi retirada as amostras da porção final do intestino.	18
Figura 3 - Correlação de Pearson entre peso do peixe e comprimento do peixe.....	23
Figura 4 - Fotomicrografia de fígado: A- A seta preta indica a presença de congestão vascular no tratamento controle. B – A seta apresenta a presença de vacuolização citoplasmática nas células do fígado no tratamento com resíduos de acerola e C - Indica deslocamento de núcleo a periferia da célula no tratamento com resíduos de goiaba. D – Apresenta os pigmentos de hemossiderina no tratamento com resíduos de goiaba. Corados em HE (40x).	25
Figura 5 – Fotomicrografia do intestino de juvenis de tambaqui alimentados com diferentes dietas: dieta controle: (A) porção inicial e (B) porção final; dieta contendo resíduo de acerola: (C) porção inicial e (D) porção final e dieta contendo resíduo de goiaba: (E) porção inicial e (F) porção final. Corados em HE (40x).....	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição centesimal (%) das amostras dos resíduos e dos farelos de acerola e goiaba.....	15
Tabela 2 - Formulação e composição das dietas experimentais.....	16
Tabela 3 - Parâmetros físico-químicos da qualidade da água superficial e residual das unidades experimentais.....	17
Tabela 4 - Médias e desvio padrão dos parâmetros morfológicos e suas relações para juvenis de tambaqui alimentados por 90 dia com dietas experimentais.	21
Tabela 5 - Variáveis analisadas da porção inicial e final do intestino de juvenis de tambaqui.	24

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	3
2.	OBJETIVOS	5
2.1.	Objetivo geral	5
2.2.	Objetivos específicos	5
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
3.1.	Bioecologia do tabaqui	5
3.2.	Produção do Tabaqui	7
3.3.	Morfofisiologia Intestinal	9
3.4.	Resíduos Agroindustriais	12
4.	MATERIAIS E MÉTODOS	14
4.1.	Local da realização do experimento	14
4.2.	Processamento dos resíduos de acerola e goiaba	14
4.3.	Dietas experimentais	15
4.4.	Condições de Cultivo dos Peixes	16
4.5.	Análises Morfométricas	18
4.6.	Análises Histológicas	19
4.7.	Delineamento Experimental e Análises Estatísticas	20
5.	RESULTADOS	20
6.	DISCUSSÃO	30
7.	CONCLUSÃO	36
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

1. INTRODUÇÃO

A piscicultura brasileira apresenta um vasto potencial produtivo, impulsionado pelas características naturais distintas do território nacional. Fatores como as condições climáticas favoráveis, a abundância de recursos hídricos, o relevo propício, a rica diversidade biológica e a disponibilidade de ingredientes essenciais para as dietas dos peixes convergem para criar condições ideais para essa atividade. Esse cenário se reflete nos impressionantes índices alcançados pelo setor nos últimos anos. Em 2022, a produção de pescado atingiu a marca de 860,355 mil toneladas, cerca de 31% desse total, o equivalente a aproximadamente 267,060 mil toneladas, se refere à produção de peixes nativos, com destaque para o tambaqui (Peixe BR, 2023).

No entanto, persistem desafios a serem superados no cultivo do tambaqui, especialmente no que diz respeito aos aspectos fisiológicos, com foco particular no trato digestivo. Isso se deve ao fato de que a nutrição representa aproximadamente 80% dos custos de produção, a qual é agravada ainda mais devido aos desafios que a região Norte enfrenta quanto a logística de insumos utilizados na nutrição animal, onde a redução desse percentual constitui um caminho crucial para a expansão da atividade no Brasil (Freitas *et al.*, 2015). Diante a esta dificuldade de insumos para fabricação de ração para o tambaqui e o aumento de resíduos industriais, principalmente de polpas de frutas, que tem contribuído para o aumento de lixo orgânico e prejuízos ambientais (Souza *et al.*, 2011). Notou-se a necessidade da utilização desses resíduos provenientes do processamento de culturas como acerola (*Malpighia puniceifolia* L. 1762) e goiaba (*Psidium guajava* L.) para oferecer uma alternativa viável que pode substituir ingredientes convencionais utilizados em rações (Meurer *et al.*, 2000). Essa prática não apenas viabiliza a produção de rações economicamente mais acessíveis, mas também promove uma maior equidade nutricional para atender às exigências dos peixes, contribuindo assim, para a redução dos impactos ambientais associados às atividades humanas (Silva *et al.*, 2017).

Na piscicultura, o tambaqui se destaca como um peixe robusto e comumente encontrado na Bacia Amazônica (Gomes *et al.*, 2005). Sua natureza reofílica, aliada à adaptabilidade e ao hábito alimentar onívoro (Araújo *et al.*, 1998; Baldisserotto, 2013), o torna especialmente adequado para ambientes de cultivo. Essas características combinadas conferem ao tambaqui a capacidade de alcançar excelentes desempenhos zootécnicos (Rodrigues, 2014).

No ambiente natural, o tambaqui se alimenta de frutas nativas da Amazônia, o que o credencia para possíveis ensaios com dietas utilizando resíduos agroindustriais. Esses resíduos constituem fontes valiosas de vitaminas, minerais, energia, fibras e proteínas e, cada vez mais estudos desta natureza vêm sendo realizados com intuito de elucidar seus efeitos no desenvolvimento de dietas para peixes, bem como seu verdadeiro potencial para a nutrição animal (Costa *et al.*, 2009). Para isso, a compreensão da morfologia do trato digestório dos peixes, examinando suas possíveis adaptações, pode oferecer *insights* sobre estruturas específicas que influenciam a digestibilidade e, por conseguinte, a viabilidade de toda a cadeia produtiva (Morais *et al.*, 2014).

O intestino dos peixes desempenha um papel fundamental no organismo, sendo responsável pela digestão e absorção de nutrientes provenientes da dieta. Apresentando-se como um tubo relativamente simples, ele se estende da válvula pilórica até o reto. Ao contrário de mamíferos, não é dividido em intestino delgado e grosso. Além de suas funções digestivas, o intestino dos peixes está envolvido em outras atividades vitais, como a osmorregulação. Ademais, ele exibe uma ampla variedade de estruturas especializadas, adaptadas de acordo com a biologia específica de cada espécie (Caballero *et al.*, 2003).

O conhecimento histológico do sistema digestório é de extrema importância na formulação de dietas que atendam às necessidades nutricionais dos peixes. Isso ocorre porque as adaptações no sistema digestório estão intimamente ligadas às características específicas de cada espécie. Por exemplo, o aumento do comprimento das vilosidades resulta em uma ampliação da área de superfície disponível para a absorção dos nutrientes presentes no alimento, promovendo assim um melhor aproveitamento dos recursos alimentares (Caspary, 1992).

A proposta deste estudo foi avaliar os efeitos da inclusão de resíduos de acerola e goiaba em dietas para juvenis de tambaqui, com intuito de minimizar os impactos ambientais causados pelo descarte incorreto destes subprodutos agroindustriais, reduzir o custo de produção com a inclusão de ingredientes mais baratos e reduzir a dependência de insumos de outras regiões do Brasil, principalmente o milho e a soja.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar o uso de resíduos agroindustriais em dietas para juvenis de tambaqui através de análises morfológicas e histológicas do trato intestinal.

2.2. Objetivos específicos

Avaliar as características biométricas intestinais de juvenis de tambaqui alimentados com resíduos de acerola e goiaba em diferentes dietas;

Avaliar o uso de resíduos agroindustriais em rações sobre a histologia do trato intestinal do tambaqui.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Bioecologia do tambaqui

É inquestionável que a Amazônia possui a maior biodiversidade do planeta, devido a sua vasta extensão territorial de aproximadamente 6,7 milhões de Km², que abrange vários países como Bolívia, Peru, Colômbia, Venezuela, Guiana, Suriname e Guiana Francesa, porém a sua maior parte, cerca de 60%, pertence ao território brasileiro; a quantidade de espécies tanto da flora quanto da fauna gira em torno de 30 mil e 4 mil espécies, respectivamente, e deste último, aproximadamente 2500 são espécies de peixes continentais amazônicos (Reis, 2013).

Apesar da grande riqueza em diversidade de peixes, apenas uma pequena parcela é explorada tanto na pesca quanto na piscicultura. Entre as espécies nativas, o tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) é a mais cultivada na região Norte (Menezes *et al.*, 2008). Seu nome originou-se do tupi *tãba'ki*, que significa resíduo de ostra (tãba – concha, ki – amontoado); no Brasil, tem origem na bacia do rio Amazonas, podendo ser encontrado na Venezuela (bacia do rio Orinoco), onde é conhecido como cachama, e em rios da Colômbia e do Peru; esta espécie foi descrita em 1816 pelo Barão George Von Cuvier em Paris, e batizada em 1818 como *Colossoma macropomum*, pertencendo a Classe Actinopterygii, Ordem Characiformes, Família Serrasalmidae e subfamília Colossomatinae (Buckup *et al.*, 2007).



Figura 1 - Juvenil de tambaqui.

O tambaqui é um peixe de água doce e assim como a maioria das espécies que pertencem a Ordem dos Characiformes possui corpo arredondado e pode chegar a pesar 30 kg de peso vivo e medir 1m de comprimento, ocupando o segundo lugar de maior peixe da América do Sul (Araújo e Gomes, 2005; Penna *et al.*, 2005).

Esta espécie possui mandíbula com dentes molares afiados e desenvolvidos, o que possibilita uma alimentação onívora, rica em frutas, sementes e pequenos crustáceos, porém em fases mais jovens se alimenta por meio da filtração da água e captura seu alimento através das suas brânquias, principalmente zooplânctons e microcrustáceos, como cladóceros, rotíferos, copépodes e larvas de insetos (Lima e Goulding, 1998).

Morfologicamente o tambaqui é um peixe que possui escamas do tipo romboidal, com nadadeira adiposa curta com raios na sua extremidade, a sua brânquia possui rastros branquiais mais longos e numerosos, possui uma espécie de espinhos em seu abdome, a sua coloração varia de acordo com o ambiente e a idade, não apresenta espinho pré-dorsal e apresenta em sua linha lateral 67 a 76 escamas (Val e Honczark, 1995; Araujo-Lima e Goulding, 1998).

Este peixe reofílico necessita realizar a migração para reprodução, evento denominado de piracema que ocorre nos meses de outubro a fevereiro, onde se reúnem em cardumes e sobem os rios amazônicos estimulando o amadurecimento das gônadas para posterior reprodução. Em ambientes naturais podem atingir a maturidade sexual aos 3 anos de idade, possui a desova total sem cuidado parental (Kubitza, 2004).

3.2. Produção do Tambaqui

A aquicultura é a atividade que mais cresce dentre os setores de produção de alimentos e contribui de forma considerável para geração de emprego e renda no mundo todo. De acordo com a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 2020), a aquicultura cresceu 32,85% dos anos de 2011 a 2018 passando de 61,8 para 82,1 milhões de toneladas de pescado produzidos respectivamente.

Esse crescimento se repete no Brasil, pois, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018) a produção aquícola cresceu 3,4% entre 2017 e 2018, chegando a 519,3 mil toneladas. O que reforça ainda mais a importância no emprego de novas tecnologias produtivas, proporcionando produção de boa qualidade e alta produtividade, dando retorno financeiros mais significativos ao setor, e possibilitando melhores desempenhos.

De acordo com a Peixe BR (2023), o aumento dos percentuais de produção de peixes no Brasil nos anos de 2021 e 2022 foram de 841,005 a 860,355 mil toneladas respectivamente obtendo crescimento de 2,3% e a produção de peixes nativos avançou 1,8% passando de 262,370 mil toneladas para 267,060 mil toneladas nos anos de 2021 e 2022 respectivamente, sendo a região Norte a principal produtora com aproximadamente 143,500 mil toneladas o que representou 53,7% da produção nacional no ano de 2022.

O tambaqui é a principal espécie nativa produzida na região Norte, sendo Rondônia o principal estado produtor, seguido por Maranhão, Mato Grosso, Pará e o Amazonas em quinto lugar. Os municípios amazonenses com melhores índices de produção são Rio Preto da Eva, Manaus, Iranduba e Manacapuru com produção de 21,300 mil toneladas de pescado no ano de 2022 onde o estado obteve um crescimento de 1,4% em relação a 2021 (Peixe BR, 2023). As formas de comercialização deste peixe são variadas, porém, o peixe na forma fresco ou congelado ainda são as mais difundidas no mercado; quando processado, pode apresentar um rendimento médio de carcaça de até 65% (Ramos *et al.*, 2016).

A espécie apresenta em sistemas de cultivo excelentes índices zootécnicos, se tornando o peixe nativo com maior destaque no cenário da produção piscícola Brasileira. Características como a sua rusticidade aos manejos excessivos, adaptação em ambientes de cativeiros, aceitação de alimentação artificial bem como a sua tolerância a densidades maiores e a oscilações das variáveis da qualidade da água, como a baixos níveis de oxigênio dissolvido, permitem boa produtividade em relação a outras espécies (Inoue e Bojijnj, 2010).

Em estudos realizados com tambaqui, Araújo-Lima e Goulding (2005) relataram que os parâmetros físicos e químicos da água, desejáveis para sua criação, devem ser mantidas na faixa de 4 a 8 mg/L de oxigênio dissolvido, 28 a 30°C, 5 a 7 para pH e abaixo de 0,46 mg/L para amônia tóxica, valores abaixo ou acima podem causar mortalidade ou redução dos índices de produção.

A produção do tambaqui no Brasil é predominantemente realizada em modelos semi-intensivos, que utilizam principalmente monocultivo em viveiros escavados com formatos retangulares, renovação de água e nutrição adequada (Pedroza-Filho *et al.*, 2016; Valenti *et al.*, 2021). No entanto, outras práticas vêm sendo utilizadas pelos produtores brasileiros como tanques rede e sistemas de recirculação de água, estes por sua vez otimizam o uso dos recursos naturais e garantem bons resultados ao setor (Boyd *et al.*, 2020).

O cultivo do tambaqui é organizado em fases, iniciando pela alevinagem que compreende a faixa de peso entre 0,5g a 7,0g de peso vivo; nesta fase o tambaqui tem grande habilidade em filtrar fitoplâncton e zooplâncton nos viveiros o que é uma importante fonte de nutrientes que contribui muito para seu crescimento, a exigência de proteína nessa fase é alta, pois, além da alimentação natural é recomendado ofertar ração farelada com 55% de proteína bruta na quantidade de 10% a 20% do peso vivo dos peixes, dividida em até seis arraçoamentos ao longo do dia, pois, desta forma, o aproveitamento é maior pelos peixes (Correa *et al.*, 2018).

De acordo com estes últimos autores supracitados, a fase de recria compreende a faixa de peso de 7,0g a 298,0g de peso vivo, podendo ser utilizadas rações com teores proteicos de 40% a 28% com granulometria apropriada para o tamanho da boca do peixe, o arraçoamento deve ser na frequência de quatro refeições diárias, na quantidade de 7,7% e 2,0% do peso vivo ao final da fase e, a fase de engorda compreende o período destinado a obter o peso médio desejado para o abate e inicia quando o peixe atinge 300 g de peso vivo; nesta fase, a velocidade de crescimento do peixe é menor quando comparada com as fases anteriores, permitindo o uso de rações com teores proteicos de 28%, na quantidade equivalente de 2,0% a 0,8% da biomassa, dividida em duas refeições diárias.

Em sistemas de criação controlado, a reprodução induzida pode ser realizada até duas vezes por ano; nesse método, os reprodutores realizam a maturação das gônadas naturalmente nos tanques de produção de acordo com as variáveis ambientais, são selecionados para reprodução ao serem identificadas características como abaulamento do abdome e dilatação da

papila genital nas fêmeas e espermiação a leve pressão do abdome nos machos (Ribeiro e Moreira, 2012; Galo *et al.*, 2015).

3.3. Morfofisiologia Intestinal

Para que o peixe expresse seu potencial genético e exerça suas atividades fisiológicas de forma natural conseguindo aproveitar o máximo dos recursos disponíveis no ambiente, tem que apresentar saúde intestinal excelente, pois o intestino e seus anexos são os órgãos que possuem papel importante para o metabolismo do peixe, auxiliando na osmorregulação e na digestão de alimentos bem como na absorção de nutrientes oriundos da dieta (Caballero *et al.*, 2003).

Para tanto, o conhecimento das estruturas do aparelho digestivo bem como das suas funções metabólicas, são essenciais para obtenção de bons desempenhos e as adaptações e modificações das estruturas deste aparelho, que podem ser de caráter temporário ou permanente, estão relacionados com o hábito alimentar do peixe bem como sua dieta (Souza *et al.*, 2011).

Os órgãos que fazem parte do aparelho digestivo variam de acordo com a espécie, porém obedecem a seguinte sequência na maioria das vezes: cavidade bucal, onde se localizam os dentes, língua, lábios e brânquias, onde também estão localizados os órgãos responsáveis pelas trocas gasosas (EMBRAPA, 2003).

O estômago, que pode ser dividido em três segmentos; a porção inicial, onde fica a entrada do estômago denominada cárdica, a porção final é denominada pilórica e a porção intermediária é denominada fúndica. Possui revestimento interno por células que secretam pepsinogênio e ácido clorídrico. Em tambaqui o estômago tem formato sigmóide, mas varia de acordo com a espécie bem como do seu hábito alimentar (Pantoja, 2018).

Para Rodrigues *et al.* (2016), o intestino é um tubo relativamente simples que liga a boca ao ânus e subdivide-se em intestino cefálico, intestino anterior, intestino médio e intestino posterior, sendo o pâncreas, vesícula biliar e o fígado considerados órgãos acessórios ao sistema digestório. Para Rota (2003), o intestino por sua vez é um órgão simples, mas que desempenha funções essenciais para o metabolismo do peixe, pois além de realizar a digestão e absorção dos nutrientes oriundos da dieta também auxiliam em atividades como a osmorregulação e a respiração. Outras estruturas que auxiliam na digestão são as dobras e cristas do epitélio mucoso

presentes no intestino que aumentam a superfície de contato das secreções digestivas bem como da absorção dos nutrientes, auxiliando também no transporte da digesta bem como no seu processamento (Arandas, 2009).

Fazem parte do sistema digestório também as vilosidades intestinais, que são evaginações da mucosa intestinal, onde aumentam a superfície de contato da mucosa intestinal com a digesta. É constituída por células caliciformes e células endócrinas espalhadas entre os enterócitos (Junqueira e Carneiro, 2013). Estudos que abordem as mensurações da altura e densidade das vilosidades intestinais de peixes podem servir como parâmetros de integridade da mucosa intestinal dos indivíduos, onde a renovação celular, que ocorre naturalmente, pode elucidar um equilíbrio da perda celular constante, mantendo os parâmetros morfológicos dos vilos e assim a capacidade digestiva e de absorção do alimento no intestino dos peixes (Ferreira *et al.*, 2014).

Dessa maneira, o número de enterócitos presentes nos vilos, a densidade e o tamanho destes, podem apresentar relação com os índices zootécnicos alcançados pelos peixes assim como com a dieta disponível no meio, favorecendo melhor entendimento sobre processos fisiológicos destes animais (Piñeyro *et al.*, 2020).

Em estudos realizados com a espécie de peixe *Piaractus mesopotamicus* (pacu), Zarpellon e Arnhold (2015) observaram que o desenvolvimento das vilosidades intestinais dessa espécie, tiveram um aumento diretamente proporcional às taxas de alimentação empregadas naquele experimento e concluíram que o aumento crescente das vilosidades intestinais pode ter ocorrido por consequência da disponibilidade de alimento oferecido aos animais.

Outros órgãos que compõem o sistema digestivo, pâncreas, vesícula biliar e fígado, também tem funções essenciais nos processos metabólicos digestivos. Para Hall (2011) e Roberts e Ellis (2012), o fígado é considerado a maior glândula no organismo do peixe, capaz de sintetizar, armazenar e secretar compostos oriundos das suas próprias ações ou de outros órgãos, pode metabolizar e armazenar lipídeos e vitaminas, desintoxicação por meio da filtração do sangue e tem ação sobre proteínas e carboidratos, além de secretar sais e ácidos biliares no intestino. Para Saint-Paul (1984) o armazenamento de lipídeos e glicose ocorre na forma de glicogênio em células especializadas no fígado denominadas de hepatócitos e, quando

o organismo está em déficit nutricional, estas reservas são mobilizadas por meio da glicogenólise e gliconeogêneses.

Para Cotrim (2023), é essencial que se conheça os efeitos das dietas no sistema digestivo dos peixes, para que assim seja possível tomar medidas corretivas e ajustar as dietas para evitar distúrbios metabólicos desencadeados pela alimentação; logo, a avaliação das vilosidades intestinais permite verificar a integridade da mucosa, a capacidade de absorção de alimentos e a resposta a diferentes dietas, quando o fígado revela informações sobre a presença de hepatócitos, permitindo identificar alterações patológicas, como inflamação, fibrose, lesões celulares ou acúmulo de lipídios.

A maior parte da digestão dos alimentos ocorre no intestino e nos cecos pilóricos dos peixes. As secreções intestinais contêm uma variedade de enzimas, incluindo as três principais classes como as proteases, lipases e as carboidrases. Essas enzimas hidrolisam as respectivas classes de nutrientes como as proteínas, lipídios e carboidratos, facilitando a absorção dos nutrientes essenciais para o crescimento e a saúde dos peixes (Baldisserotto, 2002).

Os peixes possuem dobras profundas nas suas paredes intestinais e células secretoras se formam no fundo dessas dobras, migrando para as cristas e descarregando suas secreções. Os enterócitos, que revestem as paredes do intestino, apresentam pequenas pregas em sua membrana apical, conhecidas como microvilosidades. Essas microvilosidades formam a chamada "borda em escova", que mantém contato com o lúmen intestinal, aumentando a área de absorção dos nutrientes. O comprimento das microvilosidades pode variar conforme o estado nutricional do peixe, diminuindo em situações de jejum prolongado (Baldisserotto, 2002).

O suco entérico produzido na superfície luminal do intestino é resultado das secreções das glândulas de Brunner e de Lieberkuhn. As glândulas de Brunner secretam muco, que atua como lubrificante e protege a mucosa intestinal contra o ácido clorídrico proveniente do estômago, devido à presença de íons bicarbonato (Kierszenbaum, 2012).

As glândulas de Lieberkuhn secretam diversas enzimas intracelulares, incluindo sacarase, maltase, oligo-1,6-glicosidases, aminopeptidases, dipeptidases, lecitinases, fosfolipases, ribonucleases, nucleosidases e fosfatases. Além disso, secretam mucina, lipídios, colesterol, bicarbonatos, cloretos e fosfatos. Estas enzimas atuam especificamente sobre polipeptídeos (Guyton, 2011).

É interessante notar que em muitos peixes, grande parte das enzimas liberadas durante os processos digestivos é reabsorvida na região posterior do intestino médio. A digestão dos carboidratos nos peixes é eficiente e rápida. A etapa final da digestão dos carboidratos ocorre principalmente no epitélio mucoso anterior do intestino, diminuindo gradualmente em direção ao reto. Esse processo envolve a ação de várias dissacaridases e oligossacaridases, enzimas que são secretadas pelos enterócitos e permanecem associadas à borda em escova da mucosa intestinal (Soares, 2017).

3.4. Resíduos Agroindustriais

O termo resíduos, caracteriza os produtos gerados após algum método de processamento, onde de acordo com as suas características físicas e químicas podem ser utilizados para a elaboração de outro produto principalmente para a alimentação animal (Sousa *et al.*, 2011). A composição dos resíduos varia de acordo com o tipo de material utilizados bem como do nível de industrialização empregado em seu processamento, podendo ser classificados em úmidos ou secos (Almeida *et al.*, 2014).

A Organização das Nações Unidas Para a Alimentação e a Agricultura estimam que a produção mundial de resíduos agroindustriais atinja 1,3 bilhões de toneladas por ano, este montante se junta com mais 30% dos alimentos destinados ao consumo que também são desperdiçados como resíduos (FAO, 2016). Desta forma, o estudo da utilização dos resíduos agroindustriais na nutrição animal, não somente se relaciona com a destinação de possíveis agentes poluentes, mas também com o desenvolvimento de dietas nutricionalmente mais eficientes e economicamente mais baratas (Sousa *et al.*, 2011).

Em estudos realizados por Roriz (2012), com aproveitamento dos resíduos alimentícios obtidos das centrais de abastecimento do Estado de Goiás para alimentação humana, diz que a produção de resíduos inicia na colheita onde aproximadamente 10% é perdido, seguidamente do transporte e industrialização podendo chegar a 50% de perdas; este percentual pode ser ainda maior, pois cerca de 10% do produto é descartado como resíduos pelas indústrias de produção de alimento.

Aproveitar resíduos agroindustriais nas dietas para peixes possibilita a identificação de fontes alternativas de nutrientes, além de reduzir os custos com a alimentação, é uma forma de melhorar a rentabilidade dos piscicultores. O reaproveitamento destes resíduos como

ingredientes alternativos também contribui para a sustentabilidade do conjunto das atividades agropecuárias, pois sem um destino adequado podem causar danos ambientais graves (Mello, 2018). Além da busca por alimentos alternativos disponíveis na região, que tenha alto valor biológico e que possibilite bom aproveitamento pelo peixe, é necessário estudar os efeitos destes alimentos no trato digestivo.

A aceroleira (*Malpighia emarginata*) é uma árvore frutífera nativa da América Central, conhecida por sua notável capacidade de adaptação a climas subtropicais, seus frutos são pequenos, arredondado com casca fina e delicada, possui coloração que varia do amarelo, vermelho ao roxo dependendo do estágio de maturação, possui três sementes em seu interior (Junqueira *et al.*, 2004; Ritzinger, 2009).

O cultivo da acerola no Brasil foi inicialmente implantado na região Nordeste, logo em seguida sua produção foi expandida para todo país. Seus frutos possuem alto grau de ácido ascórbico, além de ferro, cálcio e micronutriente como a provitamina A. O cultivo da acerola tem crescido devido ao seu elevado teor de vitamina C, que pode chegar a cerca de 5.000 mg por 100 g de polpa, superando até mesmo a laranja e a goiaba (Couto e Ferreira, 2012).

Aliada aos aspectos nutricionais e funcionais, a acerola é uma fruta altamente produtiva e com grande potencial para a industrialização. No entanto, seu processamento resulta em resíduos agroindustriais, que geram acúmulo de material e poluição ambiental (Caetano *et al.*, 2009) e a transformação desses resíduos agroindustriais, como cascas e partes dos frutos, é uma alternativa para seu aproveitamento. Desta forma, algumas pesquisas têm sido realizadas com o objetivo da utilização desses resíduos na fabricação ou concentração de produtos, reduzindo os custos de transporte e processamento desses materiais, aumentando o valor do produto resultante do processamento (Sancho, 2011).

O farelo de acerola é obtido pela secagem da fruta *in natura* ou a partir dos resíduos da etapa de processamento e surge como alternativa para solucionar problemas das perdas no pós-colheita causadas principalmente pela fragilidade das frutas no decorrer desta e no traslado (Reis *et al.*, 2017).

A goiabeira (*Psidium guajava*) é uma árvore da família Myrtaceae, originária na América Latina, que possui alta capacidade adaptativa e fácil propagação em regiões tropicais e subtropicais (Roesler *et al.*, 2007). A goiaba é uma das frutas mais produzidas e consumidas no Brasil; em 2019, o país produziu aproximadamente 585 mil toneladas, dos quais a maior

parte foi destinado a produção de sucos, polpas e doces (IBGE, 2019). Em seu processamento, para extração da polpa, obtém-se um subproduto composto de sementes e polpa residual proporcional a 4 a 12% da massa total do fruto podendo ser considerado um alimento alternativo com potencial uso na alimentação animal (Oliveira, 2016).

O Brasil se destaca entre os maiores produtores de frutas do mundo, sendo a fruticultura um importante setor do agronegócio nacional. De acordo com a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil CNA 2020, o país é o terceiro maior produtor de frutas do mundo, atrás apenas da China e da Índia.

As frutas produzidas no país são destinadas ao consumo *in natura*, ou ao processamento, onde são moídas e prensadas para a produção de sucos ou polpas. Esse processamento implica na geração de resíduos, composto por cascas, sementes e bagaços, estimando-se que os resíduos do processamento das frutas podem representar mais de 40% do volume total de frutas processadas (Silva, 2014). O resíduo da goiaba no processamento traz em sua composição química, proteína bruta (10,09%), extrato etéreo (11,71%), fibra bruta (55,62%), energia bruta (4.290 kcal/kg), cálcio (0,15%), fósforo (0,36%), além de quantidades consideráveis de aminoácidos (Lousada Junior *et al.*, 2006).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Local da realização do experimento

O presente estudo foi conduzido no município de Parintins/AM (02° 37' 42" Sul, Longitude: 56° 44' 11" Oeste), distante 369 km de Manaus/AM, nas dependências do Laboratório de Aquicultura do Instituto de Ciências Sociais, Educação e Zootecnia - LAqua/ICSEZ, que pertence a Universidade Federal do Amazonas/UFAM. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal do Amazonas (CEUA/UFAM) sob o protocolo nº SEI 23105.014201/2023/16.

4.2. Processamento dos resíduos de acerola e goiaba

Os resíduos foram obtidos junto a empresa agroindustrial Império da Polpa de Fruta, situada no município de Santarém/PA, sendo transportados congelado até o município de Parintins/AM, para o Laboratório de Aquicultura do ICSEZ. Após o recebimento do material, foi realizado uma avaliação para observação da qualidade do produto. Após, este foi

inicialmente descongelado e, em seguida pré-seco em estufa com ventilação forçada de ar a 55 °C por 72 horas, para redução do teor de umidade; seguidamente este material foi finamente moído em moinho de facas para a obtenção do farelo do resíduo de acerola e goiaba. Deste, foi retirada uma amostra para a realização das análises de composição centesimal de acordo com a metodologia proposta pela AOAC (2000), para determinação de sua composição centesimal (Tabela 1).

Tabela 1 - Composição centesimal (%) das amostras dos resíduos e dos farelos de acerola e goiaba.

Composição Centesimal	Resíduo de acerola	Farelo do resíduo de acerola	Resíduo de goiaba	Farelo do resíduo de goiaba
Umidade	75,29	7,13	42,60	5,34
Minerais	0,46	2,04	0,85	4,87
Lipídeos totais	0,78	1,19	8,01	12,45
Proteína	2,08	4,95	7,24	11,94
Carboidrato	21,39	84,69	41,30	65,40
Valor calórico*	100,91	368,86	266,28	421,44

*Valor calórico (kcal EB/100g. = quilocalorias de energia bruta por 100g de amostra analisada). Fonte: Santos (2023).

4.3. Dietas experimentais

As dietas utilizadas neste experimento, foram processadas no Laboratório de Nutrição Animal - LANA, que pertence ao Instituto de Ciências Sociais, Educação e Zootecnia - ICSEZ. As dietas experimentais consistiram: Dieta controle sem adição de resíduos agroindustriais; dieta com inclusão de 30% do resíduo de acerola; dieta com inclusão de 30% do resíduo de goiaba.

Todos os ingredientes utilizados nas dietas foram finamente moídos e peneirados a 1 mm, para retirada de qualquer impureza da mistura, pesados em balança de precisão, homogeneizados, e acondicionados em sacos plásticos para extrusão. O processo de extrusão foi realizado no município de Presidente Figueiredo/AM no distrito de Balbina, na fábrica (Ração+), com produção de *pellet* variando entre 4 e 6 mm; após a extrusão o material foi resfriado e ensacado novamente para serem transportados ao município de Parintins/AM, onde foi retirado uma alíquota para ser submetida a análise bromatológica, as quais foram processadas no LANA. As dietas foram balanceadas e tiveram como base ingredientes

comerciais como farelo de milho, farelo de soja, premix mineral e vitamínico, óleo de soja, calcário, fosfato bicálcico e farinha de peixe (Tabela 2).

Tabela 2 - Formulação e composição das dietas experimentais.

Ingredientes %	Dietas Experimentais		
	Controle	Acerola	Goiaba
Farelo de soja 46%	50,00	18,00	18,00
Farelo de acerola	x	30,00	x
Farelo de goiaba	x	x	30,00
Milho 7,88%	35,00	18,00	18,00
Farinha de peixe	10,00	31,00	31,00
Óleo de soja	3,00	1,00	1,00
L-lisina	0,05	0,05	0,05
DL-Metionina	0,15	0,15	0,15
Premix	0,10	0,10	0,10
Calcário	0,70	0,70	0,70
Fosfato bicálcico	1,00	1,00	1,00
Total kg.	100,00	100,00	100,00
Composição Centesimal %			
Umidade	19,11	10,44	11,44
Proteínas	29,04	23,86	23,59
Carboidratos	41,43	56,25	56,47
Cinzas	6,47	5,47	4,92
Fibra bruta	5,67	25,66	24,50
Lipídeos Totais	3,95	3,98	3,58
Valor Calórico*	317,43	356,24	353,64

*Valor Calórico (Kcal EB/100g. = Quilocalorias de energia bruta por 100g de amostra analisada):**Os resultados apresentados na tabela acima terão validade somente para as amostras analisadas. Fonte: Santos (2023).

4.4. Condições de Cultivo dos Peixes

Foram adquiridos 1000 juvenis de tambaqui adquiridos da Fazenda Bicho do Rio, localizada no município de Iranduba/AM. O transporte dos animais de Manaus/AM ao município de Parintins/AM, foi realizado de acordo com os padrões estabelecidos pelo CTTPA - Centro de Treinamento, Tecnologia e Produção em Aquicultura, que fica localizado em Balbina no município de Presidente Figueiredo/AM. Em laboratório os animais foram aclimatados em caixas d'água com capacidade de 1000 L, com renovação contínua de 30% da água por dia e aeração constante; após 12 horas foram alimentados com ração comercial contendo 32% de proteína bruta, por 15 dias.

Os parâmetros da qualidade da água como oxigênio dissolvido, alcalinidade, dureza, amônia e nitrito foram mensurados diariamente após o primeiro fornecimento de ração, com kits colorimétricos (Alcon Labcon-Test®) para água doce; o pH e a temperatura foram mensurados duas vezes por semana, uma a tarde e outra pela manhã, através do pHmetro digital DLA-pH (Tabela 3).

No estudo desenvolvido por Santos (2023), foram analisados 120 exemplares de juvenis de tambaqui divididos em três tratamento (T1: Tratamento sem adição de resíduos, T2: Tratamento com adição de resíduos de acerola, T3: Tratamento com adição de resíduos de goiaba) e quatro repetições totalizando 12 unidades experimentais, com 10 tambaquis m³ de água. O peso e o comprimento iniciais médios foram de 5,03±0,30g e 46,27±0,54mm respectivamente e, ao término do período experimental (90 dias), os juvenis atingiram o peso e comprimento médio final de 14,91±2,00g e 73,57±2,57mm.

Tabela 3 - Parâmetros físico-químicos da qualidade da água superficial e residual das unidades experimentais.

Parâmetros analisados	Diets Experimentais		
	Controle	Acerola	Goiaba
	Água Superficial		
Temperatura (°C)	25,09±0,22	25,25±0,22	25,18±0,10
pH	7,01±0,61	7,05±0,50	7,18±0,47
Oxigênio dissolvido (mg/L ⁻¹)	7,88±2,62	7,13±3,41	8,25±1,79
Amônia (mg/L ⁻¹)	1,31±0,24	1,06±0,39	1,13±0,48
Nitrito (mg/L ⁻¹)	1,00±0,53	0,84±0,60	0,97±0,52
Alcalinidade (ppm)	9,07±6,44	8,93±6,46	11,10±6,90
Dureza total (ppm)	50,00±0,00	50,00±0,00	50,00±0,00
	Água Residual		
Temperatura (°C)	25,22±0,23	25,23±0,18	25,32±0,11
pH	7,19±0,56	7,10±0,50	7,19±0,44
Oxigênio dissolvido (mg/L ⁻¹)	6,88±3,18	7,13±3,37	7,88±3,10
Amônia (mg/L ⁻¹)	1,90±0,43	1,80±0,48	1,70±0,83
Nitrito (mg/L ⁻¹)	0,91±0,45	0,94±0,41	0,94±0,56
Alcalinidade (ppm)	9,96±7,01	10,76±4,55	9,58±4,38
Dureza total (ppm)	50,00±0,00	50,00±0,00	50,00±0,00

Fonte: Santos (2023).

4.5. Análises Morfométricas

Ao final do período experimental os peixes passaram por um jejum de 8 horas, afim de evitar quaisquer possibilidades de contaminação das amostras, sendo em seguida insensibilizados por imersão em água contendo gelo e abatidos. Para realização das análises morfométricas foram retirados 8 peixes por tratamento, com peso e comprimento médio de $31,75 \pm 10,73\text{g}$ e $91,20 \pm 10,51\text{mm}$ respectivamente. Os peixes inteiros foram pesados em balança digital com precisão de 0,01g e medidos quanto ao seu comprimento total, (medida que vai do focinho a base do pedúnculo caudal). Com auxílio de bisturis, foi realizada uma incisão na cavidade abdominal dos peixes para retirada das vísceras, sendo estas pesadas em balança analítica com precisão de 0,01g; em seguida foi separado do trato gastrointestinal o intestino e o fígado, dos quais também foram tomadas as medidas do peso e comprimento (Figura 2).

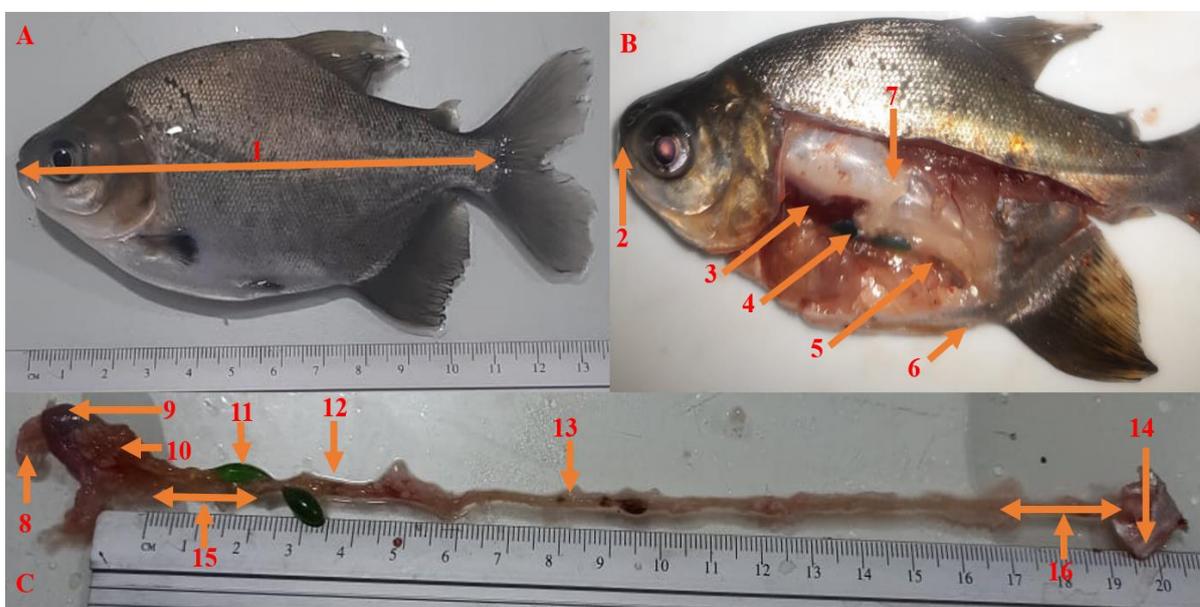


Figura 2 - Análise morfométrica intestinal de juvenil de tambaqui: (A) 1-medida do comprimento padrão; (B) 2-boca, 3-fígado, 4-vesícula biliar, 5-intestino, 6-ânus, 7-bexiga natatória; (C) 8-exôfago, 9-fígado, 10-estômago, 11-vesícula biliar, 12-porção inicial do intestino, 13-porção média do intestino, 14-ânus, 15-local onde foi retirada as amostras da porção inicial do intestino, 16-local onde foi retirada as amostras da porção final do intestino.

Através das medidas da morfometria intestinal e corporal foi possível quantificar outras variáveis como o índice hepatossomático (IHS), que é o percentual de massa do fígado em

relação ao peso do peixe, o quociente intestinal (QI), que corresponde a razão entre o comprimento do intestino e o comprimento do peixe, índice digestivo somático (IDS), que corresponde a relação entre a massa do trato digestivo e o peso do peixe e o rendimento de resíduos (RR) que é a proporção das vísceras em relação ao peso do peixe.

4.6. Análises Histológicas

Para as análises histológicas das vilosidades intestinais, foram retiradas uma amostra da porção anterior e posterior do intestino de cada peixe, totalizando oito amostras de cada tratamento. Para tanto, foram tomadas 2 cm da porção proximal e 2 cm da porção distal do intestino; estas foram fixadas em formalina a 10% por 24 horas e posteriormente conservados em álcool 70%. Foram devidamente identificadas e armazenadas para posterior análises. Para as amostras do fígado foi utilizado o órgão inteiro devidamente identificadas e conservadas em álcool 70% (Prophet *et al.*, 1992).

Todas as amostras foram enviadas ao Laboratório de Reprodução e Comunidade de Peixes – LRCP do Departamento de Biologia Celular da Universidade Federal do Paraná/UFPR, para serem analisadas.

A metodologia utilizada pelo laboratório é uma adaptação do estudo realizado por Escaffre *et al.* (2007). Uma vez no laboratório, as amostras foram desidratadas em concentrações crescentes de etanol, diafanizadas em xilol e incluídas em parafina (Prophet *et al.*, 1995). Em seguida foram feitos cortes histológicos de 5µm de espessura em micrótomo rotatório e posteriormente corados em solução de Hematoxilina e Eosina (HE).

Para realização das medidas morfométricas da porção inicial e final do intestino de juvenis de tambaqui foram utilizadas três lâminas com cortes histológicos de 3 animais de cada tratamento (T1, T2 e T3), e realizadas dez medidas morfométricas: cinco medidas de altura do epitélio – hE (0,23 µm pixel⁻¹), uma no ápice da vilosidade, uma no lado esquerdo superior, uma no lado esquerdo inferior da vilosidade, uma no lado direito superior da vilosidade e uma no lado direito inferior, altura das vilosidades intestinais – hV (0,91µm pixel⁻¹), alturas supranucleares- hSNE (0,23µm) dos enterócitos e a altura das microvilosidades- hMV (planura estriada) na mesma posição onde foram medidas as alturas dos epitélios.

Para realização das medidas morfométricas do fígado foram utilizadas três lâminas com cortes histológicos, que correspondem a três indivíduos de cada tratamento (T1, T2 e T3).

Foram feitas medidas de área (μm^2) de 100 hepatócitos nas proximidades de cinco veias centro lobulares. E análise qualitativa para verificar o grau de alteração patológica do órgão.

4.7. Delineamento Experimental e Análises Estatísticas

O experimento foi conduzido em um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 3 tratamentos, com quatro repetições, composta por 120 peixes. Os tratamentos foram constituídos pelas diferentes dietas.

O modelo estatístico adotado foi:

$$Y_{ij} = m + t_i + e_{ij}$$

Em que:

Y_{ij} : valor observado relativo ao tratamento i , na repetição j ;

m : média geral do experimento;

t_i : efeito do tratamento i , i = dietas experimentais, sendo $i = 1,2,3$;

e_{ij} ; erro aleatório associado a cada observação, associada ao tratamento i na repetição j , sendo $j = 1,2,3$ e 4.

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade e homocedasticidade. As análises estatísticas foram realizados usando o software R. posteriormente os dados foram submetidos a análise de variância a um nível de 5% de probabilidade, e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

5. RESULTADOS

Não foram observadas diferenças significativas entre os parâmetros morfométricos analisados Tabela 4, exceto para o comprimento do intestino, sendo aqueles animais alimentados com ração contendo resíduos de acerola os que apresentaram o maior comprimento médio. As dietas experimentais a base de acerola e goiaba, apresentaram impactos no crescimento intestinal (30,50 e 24,11% maiores que a dieta controle, respectivamente), modulando seu comprimento para maior aproveitamento do alimento ingerido. Entretanto, estes maiores comprimentos não refletiram em maior peso (PI) significativa.

Tabela 4 - Médias e desvio padrão dos parâmetros morfológicos e suas relações para juvenis de tambaqui alimentados por 90 dia com dietas experimentais.

Variáveis Analisadas	Dietas Experimentais			p**
	Controle	Acerola	Goiaba	
PP ¹ (g)	26,00±10,40	33,00±13,40	36,10±8,40	0,21
CP ² (mm)	84,00±11,26	93,00±12,41	96,80±7,88	0,10
CI ³ (mm)	141,00±22,19 ^b	184,00±42,86 ^a	175,00±13,71 ^{ab}	0,03
CF ⁴ (mm)	223,00±39,82	238,00±43,31	228,00±41,18	0,80
PI ⁵ (g)	2,20±1,07	2,70±0,92	2,79±0,37	0,44
PV ⁶ (g)	4,50±0,32	4,50±0,20	4,53±0,13	0,69
PF ⁷ (g)	0,50±0,32	0,60±0,20	0,56±0,13	0,69
IHS ⁸ (%)	1,90±0,91	1,90±0,75	1,59±0,37	0,68
QI ⁹ (%)	1,70±0,21	2,00±0,38	1,82±0,16	0,15
IDS ¹⁰ (%)	0,20±0,06	0,20±0,07	0,16±0,03	0,11
RR ¹¹ (%)	19,00±5,67	16,00±6,60	13,20±2,85	0,11
PP/CP ¹² (%)	60,00±8,33	53,00±12,21	55,40±4,92	0,31
PF/CF ¹³ (%)	0,20±0,10	0,20±0,06	0,25±0,05	0,48
PI/CI ¹⁴ (%)	1,50±0,59	1,60±0,71	1,59±0,18	0,98
CP/CI ¹⁵ (%)	0,60±0,08	0,50±0,12	0,55±0,05	0,31
PP/PI ¹⁶ (%)	13,00±5,87	14,00±7,39	13,00±2,55	0,96

* Letras diferentes entre linhas representa diferença significativa a 5% ($p \leq 0,05$). ⁽¹⁾ Peso do peixe, ⁽²⁾ comprimento do peixe, ⁽³⁾ comprimento do intestino, ⁽⁴⁾ comprimento do fígado, ⁽⁵⁾ peso intestinal, ⁽⁶⁾ peso visceral, ⁽⁷⁾ peso do fígado, ⁽⁸⁾ índice hepato-somático, ⁽⁹⁾ quociente intestinal, ⁽¹⁰⁾ índice digestivo somático, ⁽¹¹⁾ rendimento de resíduos, ⁽¹²⁾ relação peso do peixe/comprimento do peixe, ⁽¹³⁾ relação peso do fígado/comprimento do fígado, ⁽¹⁴⁾ relação peso intestinal/comprimento intestinal, ⁽¹⁵⁾ relação comprimento do peixe/comprimento intestinal, ⁽¹⁶⁾ relação peso do peixe/peso intestinal.

O aumento no comprimento do intestino pode ser uma resposta adaptativa às dietas com resíduos de frutas, sugerindo que o trato digestivo dos peixes se adapte para aumentar a área de trânsito da digesta e conseqüentemente maior absorção de nutrientes, o que provavelmente também possa justificar o maior ganho de peso e crescimento dos peixes alimentados com estas dietas, apesar de não terem sido observadas diferença significativa para estes últimos parâmetros.

Não houve diferença significativa para comprimento e peso do fígado entre as dietas experimentais, indicando que as mesmas não afetaram no desenvolvimento deste órgão.

Os pesos das vísceras não apresentaram diferença significativa, sugerindo que a composição da dieta não teve um impacto direto sobre o peso dos órgãos internos dos peixes. Esses resultados sugerem que os resíduos de acerola e goiaba podem ser usados de forma eficaz em dietas de juvenis de tambaqui.

Os índices analisados na Tabela 4 são fundamentais para avaliar a eficiência das dietas experimentais na promoção do crescimento e desenvolvimento dos juvenis de tambaqui. Para o índice hepatossomático não foram verificadas diferenças significativas entre os tratamentos, sugerindo que as dietas com resíduos de acerola e goiaba não comprometeram no metabolismo hepático dos peixes, sendo sua saúde e função aparentemente estáveis entre os grupos; isso pode ser considerado um sinal positivo, refletindo que as dietas testadas não causaram estresse hepático.

Embora o tratamento com acerola tenha apresentado um valor médio de quociente intestinal (QI) maior que o tratamento controle e o tratamento com goiaba, a diferença não foi significativa. Essa tendência de maior QI no grupo acerola pode estar associada ao aumento no comprimento do intestino observado nos dados morfológicos, sugerindo uma adaptação positiva para a digestão de uma dieta rica em fibras e compostos bioativos presentes no resíduo de acerola.

Os tratamentos não apresentaram diferenças significativas para o índice digestivo somático, entretanto a dieta contendo resíduos de goiaba apresentou um IDS 20% menor em comparação aos outros grupos. Isso pode sugerir que a dieta com goiaba, embora tenha promovido o crescimento do intestino, outros órgãos se mantiveram relativamente estáveis ou até mesmo tenham reduzido seus pesos relativos. Estes resultados corroboram para o menor rendimento de resíduos produzidos por estes peixes (30,53%) alimentados com dietas contendo resíduos de goiaba, quando comparados aqueles alimentados com dieta controle, apesar de não terem apresentado diferença significativa.

Em relação ao rendimento de resíduos, embora não tenham apresentado diferenças significativas, houve uma clara tendência de redução do rendimento de resíduos nos tratamentos com acerola e goiaba. Isso pode ser um indicativo de uma melhor utilização dos nutrientes da dieta com resíduos de frutas, resultando em menos material residual e, potencialmente, em um maior aproveitamento nutricional. No geral, os índices de desempenho sugerem que as dietas com resíduos de acerola e goiaba podem promover melhorias sutis na eficiência digestiva e na utilização de nutrientes, especialmente com relação ao quociente intestinal e ao rendimento de resíduos, sem comprometer o desempenho dos peixes. Assim essas dietas poderiam ser otimizadas para obter ganhos ainda mais consistentes em desempenho.

Embora não tenha havido diferença significativa, a menor relação entre o comprimento do peixe e o comprimento intestinal observada no tratamento com acerola pode sugerir uma adaptação intestinal maior, como também foi indicado pelo maior comprimento intestinal neste grupo, o que pode ser uma resposta adaptativa para melhorar a digestão de compostos fibrosos.

Todas as relações foram submetidas a análise de correlação de Pearson, sendo constatada uma correlação linear positiva entre o peso do peixe e seu comprimento (Figura 3).

As linhas de tendência lineares, com altos coeficientes de determinação (R^2), indicam uma forte correlação entre peso e comprimento do peixe em todos os tratamentos. Isso significa que à medida que o comprimento do peixe aumenta o peso também aumenta. Esses valores próximos de 1 indicam uma correlação muito forte em todos os grupos, com o tratamento controle apresentando a maior correlação, seguido pela acerola e goiaba. Isso sugere que a relação entre peso e comprimento seja consistente entre os grupos, apesar das diferenças nas dietas.

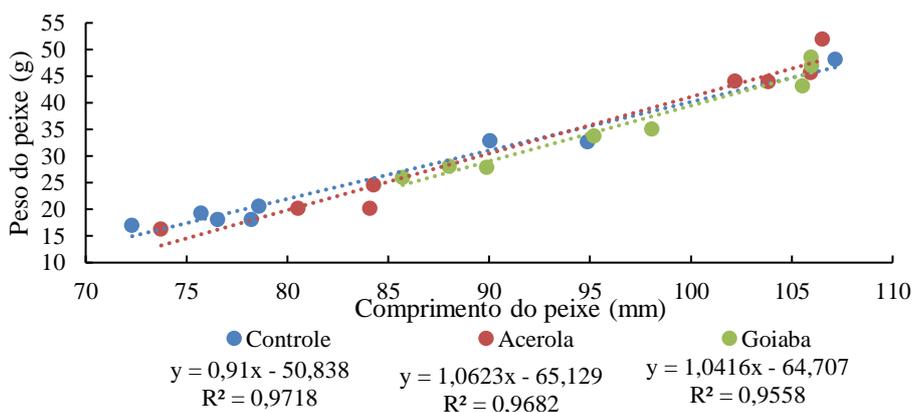


Figura 3 - Correlação de Pearson entre peso do peixe e comprimento do peixe.

A análise histológica da porção inicial do intestino de tambaquis juvenis alimentados com diferentes dietas (Tabela 5), apontou diferença significativa para altura de vilosidades intestinais, sendo as maiores àquelas do tratamento controle, sugerindo que a dieta favoreceu a integridade das vilosidades nessa porção. Já na porção final não houve diferença significativa entre os tratamentos embora a dieta controle tenha demonstrado uma tendência a apresentar vilosidades maiores.

Em relação à altura do epitélio, na porção inicial do intestino (Tabela 5), a dieta controle apresentou um valor significativamente superior aos demais tratamentos inclusive na porção final do mesmo tratamento. As análises histológicas da porção inicial e final do intestino de tambaqui, verificaram que o tratamento controle obteve maior medida da altura supranuclear dos enterócitos quando comparada as demais dietas. Para a altura das microvilosidades da porção inicial, a dieta controle foi estatisticamente superior as demais, mas na porção final os tratamentos não apresentaram diferença estatística para esta variável.

A dieta controle favoreceu significativamente a integridade das estruturas intestinais (vilosidades, epitélio e enterócitos) na porção inicial do intestino. Isso pode sugerir que as dietas de acerola e goiaba reduziram a capacidade de absorção de nutrientes, especialmente nas porções proximais do intestino, onde ocorre a maior parte da absorção de nutrientes.

Na porção final do intestino, apesar de apresentar uma diferença significativa para hE² e dos enterócitos, foram menos pronunciadas, sugerindo que o impacto das dietas alternativas é mais marcante na porção inicial do trato intestinal, onde há maior absorção dos nutrientes e atividade enzimática. Portanto, o uso das dietas contendo resíduos de acerola e goiaba parecem comprometer alguns parâmetros de morfologia intestinal em comparação à dieta controle.

Tabela 5 - Variáveis analisadas da porção inicial e final do intestino de juvenis de tambaqui.

Parâmetros Analisados		Dietas Experimentais			p*
		Controle	Acerola	Goiaba	
hV ¹ µm	Inicial	431,01±83,27 ^a	202,27±9,84 ^b	221,08±45,84 ^b	0,01
	Final	501,99±155,9	289,93±65,46	236,25±34,41	0,07
hE ² µm	Inicial	63,47±5,49 ^a	24,21±0,88 ^b	29,32±3,58 ^b	0,0001
	Final	76,28±7,83 ^a	28,87±1,70 ^b	31,46±4,35 ^b	0,0002
hSNE ³ µm	Inicial	272,17±73,72 ^a	98,00±4,45 ^b	96,33±17,04 ^b	0,01
	Final	270,92±73,61 ^a	116,42±5,96 ^b	60,45±12,51 ^b	0,007
hMV ⁴ µm	Inicial	66,82±18,96 ^a	27,13±1,31 ^b	13,88±1,23 ^b	0,007
	Final	90,24±55,53	32,44±1,50	31,80±4,65	0,195

Médias seguidas de letras iguais na horizontal não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). ⁽¹⁾ Altura das vilosidades intestinais (0,91µm), ⁽²⁾ altura do epitélio (0,23 µm), ⁽³⁾ altura supranuclear dos enterócitos (0,23µm), ⁽⁴⁾ altura das microvilosidades (0,91µm).

A coloração apresentada pela amostra do fígado do tratamento controle Figura 4A, sugere um tecido com preservação razoável da arquitetura hepatocelular. A seta aponta para uma área que pode indicar congestão vascular (acúmulo de sangue ou fluidos nos vasos). Isso é comum em situações de estresse hepático, onde a circulação sanguínea no fígado é

prejudicada, podendo estar relacionado à dieta inadequada ou outras condições fisiológicas adversas como a qualidade da água. Já na Figura 4B, do tratamento com resíduos de acerola observa-se uma textura mais densa e compacta do tecido, com setas apontando para áreas de possível vacuolização ou outros tipos de alterações celulares. Essas alterações podem estar associadas à infiltração de gordura (esteatose hepática) ou acúmulo de lipídios, o que pode ocorrer em peixes alimentados com dietas ricas em carboidratos ou lipídios.

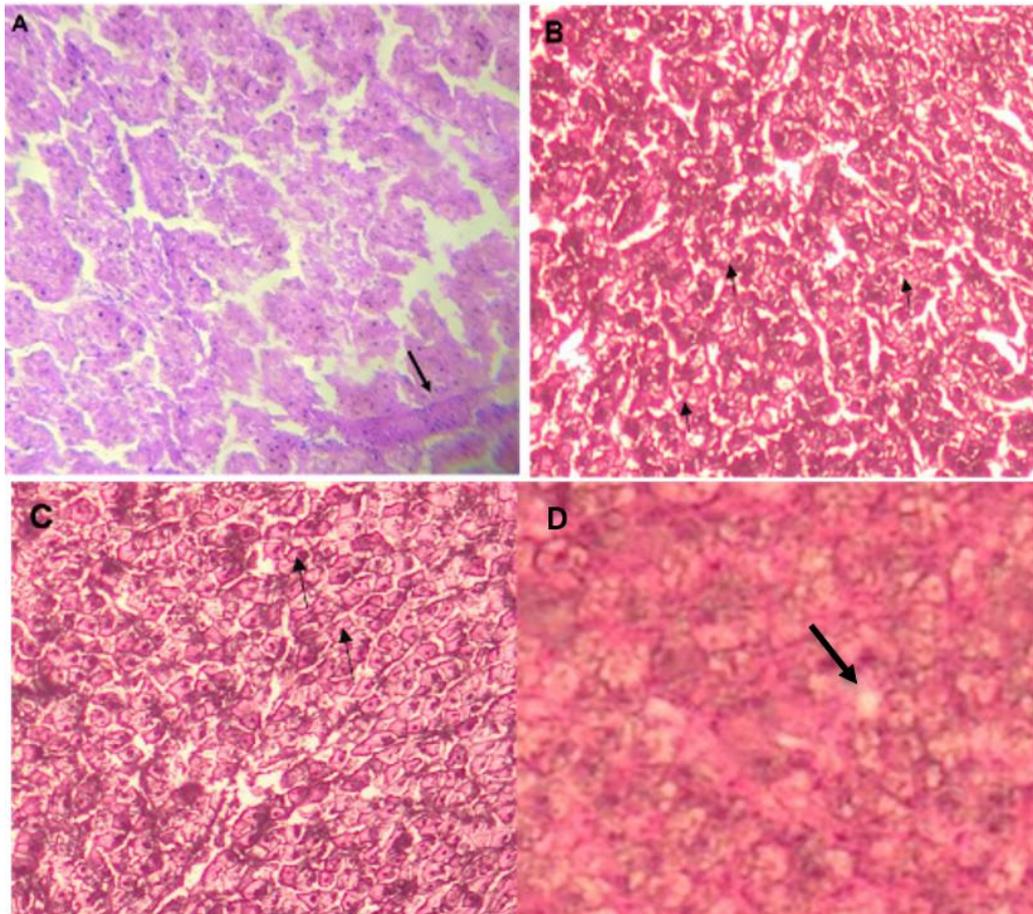


Figura 4 - Fotomicrografia de fígado: A- A seta preta indica a presença de congestão vascular no tratamento controle. B – A seta apresenta a presença de vacuolização citoplasmática nas células do fígado no tratamento com resíduos de acerola e C - Indica deslocamento de núcleo a periferia da célula no tratamento com resíduos de goiaba. D – Apresenta os pigmentos de hemossiderina no tratamento com resíduos de goiaba. Corados em HE (40x).

A seta na Figura 4C, do tratamento contendo resíduos de goiaba indica núcleos deslocados para a periferia das células, o que pode ser um sinal de degeneração celular. Este padrão é típico em tecidos sob estresse nutricional ou tóxico. A dieta pode estar causando um impacto direto na integridade das células hepáticas, resultando em alterações estruturais como vacuolização citoplasmática ou necrose.

A área evidenciada na Figura 4D do tratamento com resíduos de goiaba, parece menos nítida, com um padrão celular mais desorganizado. Isso pode sugerir uma lesão hepática mais avançada, possivelmente associada à necrose ou degeneração das células hepáticas. O acúmulo de pigmentos como hemossiderina (indicador de destruição de hemácias) ou outras substâncias tóxicas pode ser observado em condições de dieta inadequada ou deficiência nutricional. As alterações observadas, como vacuolização, congestão vascular e deslocamento de núcleos, indicam no geral que as dietas podem estar influenciando negativamente a morfologia hepática dos peixes. Dependendo da composição da dieta (excesso de gorduras ou deficiências nutricionais), o fígado pode sofrer com a infiltração de lipídios (esteatose), degeneração ou necrose celular, o que compromete sua função nos processos digestivos.

As vilosidades intestinais observadas na porção inicial do intestino de tambaqui do tratamento com a dieta controle Figura 5A, apresenta claramente uma estrutura complexa e ramificada, sugerindo uma alta capacidade de absorção de nutrientes, uma vez que vilosidades maiores e ramificadas aumentam a área de superfície disponível para a absorção, vilosidades longas e proeminentes são típicas no intestino de peixes que possuem uma dieta rica em nutrientes, a qual favorece uma maior eficiência na digestão e absorção dos nutrientes oriundos da dieta, no tratamento com resíduos de acerola Figura 5C, parece haver uma leve diminuição no comprimento das vilosidades, confirmado na Tabela 5, o que poderia influenciar na área disponível para absorção. A forma mais arredondada de algumas vilosidades na Figura 5C pode indicar alguma adaptação à dieta, potencialmente em resposta aos compostos bioativos ou fibras presentes no resíduo de acerola, como os carboidratos estruturais que pode alterar levemente a morfologia das vilosidades.

O resíduo de acerola é rico em compostos bioativos, como vitamina C e fibras, o que pode influenciar a saúde intestinal de maneira positiva, como a melhora da integridade da barreira intestinal e aumento da função imunológica. No entanto, o excesso de fibras pode

resultar em vilosidades ligeiramente mais curtas, como observado, possivelmente em resposta a uma mudança na digestibilidade dos nutrientes.

As vilosidades intestinais do tratamento com resíduo de goiaba Figura 5E, parecem ligeiramente mais achatadas e menos ramificadas que os demais tratamentos. Esse achatamento pode ser indicativo de uma menor área de superfície disponível para absorção de nutrientes. A redução na altura das vilosidades pode sugerir que a dieta com resíduo de goiaba exerça maior efeito sobre a morfologia intestinal, possivelmente pela alteração da digestibilidade ou pela presença de fibras e outros compostos que exigem uma maior adaptação estrutural do intestino pelo peixe.

O resíduo de goiaba é rico em fibras e compostos fenólicos, que podem alterar a morfologia intestinal. A presença de fibras pode causar uma modificação no comprimento das vilosidades, uma adaptação natural para lidar com a digestão de alimentos mais fibrosos. Os compostos bioativos da goiaba, como antioxidantes, podem ter efeitos protetores no epitélio, mesmo que ocorra uma adaptação estrutural nas vilosidades.

O epitélio de revestimento parece intacto e mantém sua organização em todos os tratamentos analisados, não há evidência visual de erosão ou ruptura no epitélio, o que é um bom indicativo de que as dietas analisadas não causaram danos evidentes ao tecido. A integridade das células epiteliais é crucial para a absorção eficaz de nutrientes, e a ausência de danos visíveis sugere que as dietas podem ser bem toleradas pelos peixes, apesar das diferenças da altura do epitélio nos tratamentos analisados.

A altura supranuclear dos enterócitos de todos os tratamentos analisados, é o tecido conjuntivo subjacente ao epitélio das vilosidades, está bem organizada e não apresenta sinais de infiltração inflamatória visível na Figura 5. Isso indica que não há uma resposta imune ou inflamação significativa nessa região do intestino, sugerindo que as dietas testadas não provocaram uma resposta inflamatória notável no tecido intestinal, manter essa camada saudável é essencial para o suporte estrutural das vilosidades e para a condução eficiente de nutrientes e substâncias imunológicas as vias metabólicas.

A camada muscular de todos os tratamentos está preservada, e sua integridade parece adequada para manter o peristaltismo intestinal eficiente. Não há sinais de hipertrofia ou atrofia da camada muscular, o que sugere que a motilidade intestinal permanece normal, isso é

importante para garantir que o alimento se mova adequadamente pelo intestino, facilitando a digestão e a absorção dos nutrientes.

Na análise da porção final do intestino de juvenis de tambaqui do tratamento controle Figura 5B, foi observada que a altura das vilosidades intestinal parece mais longas que os demais tratamentos, o que é observado em intestinos de peixes saudáveis. Já para o tratamento com resíduos de acerola Figura 5D, o mesmo parâmetro apresenta menor desenvolvimento, onde as vilosidades intestinais parecem mais encurtadas, comprimidas e menos uniformes, influenciando diretamente na superfície de absorção da região analisada, no tratamento com resíduos de goiaba Figura 5F, as vilosidades intestinais apresentam-se com um aspecto alongado, irregular e menos uniformes. Mas os tratamentos não demonstraram diferença estatística para essa variável.

O epitélio simples colunares que reveste as vilosidades do tratamento controle Figura 5B, apresenta-se contínuo e bem estruturado com uma altura uniforme, o que sugere integridade epitelial dessa região superior aos demais tratamentos. Para o tratamento com resíduos de acerola Figura 5D o epitélio colunar está preservado, mas a altura parece levemente menor em relação ao que foi observado na dieta controle. A camada epitelial do tratamento com resíduo de goiaba Figura 5F parece preservada, com células epiteliais claramente delineadas. Isso sugere que, apesar das alterações observadas nas vilosidades, a função de barreira e absorção do epitélio está preservada.

A região supranuclear é onde estão localizados os núcleos das células epiteliais, que indica o espaço disponível para as organelas responsáveis pela absorção e transporte de nutrientes, aparente parece ser adequada, sugerindo células epiteliais com bom potencial de função absorptiva e apesar das possíveis alterações no comprimento das vilosidades, a função absorptiva do epitélio pode estar preservada em todos os tratamentos apesar da dieta controle possuir maior altura supranuclear dos enterócitos, parece estar dentro dos padrões.

As microvilosidades intestinais observadas na porção final do intestino de juvenis de tambaqui de todos os tratamentos analisados Figura 5, apresentam microvilosidades uniformes e bem distribuídas sobre a camada epitelial, sugerindo que possui uma área de contato eficiente para absorção dos nutrientes, mesmo não apresentando diferença significativa entre os tratamentos o tratamento controle apontou uma maior tendência a essa variável.

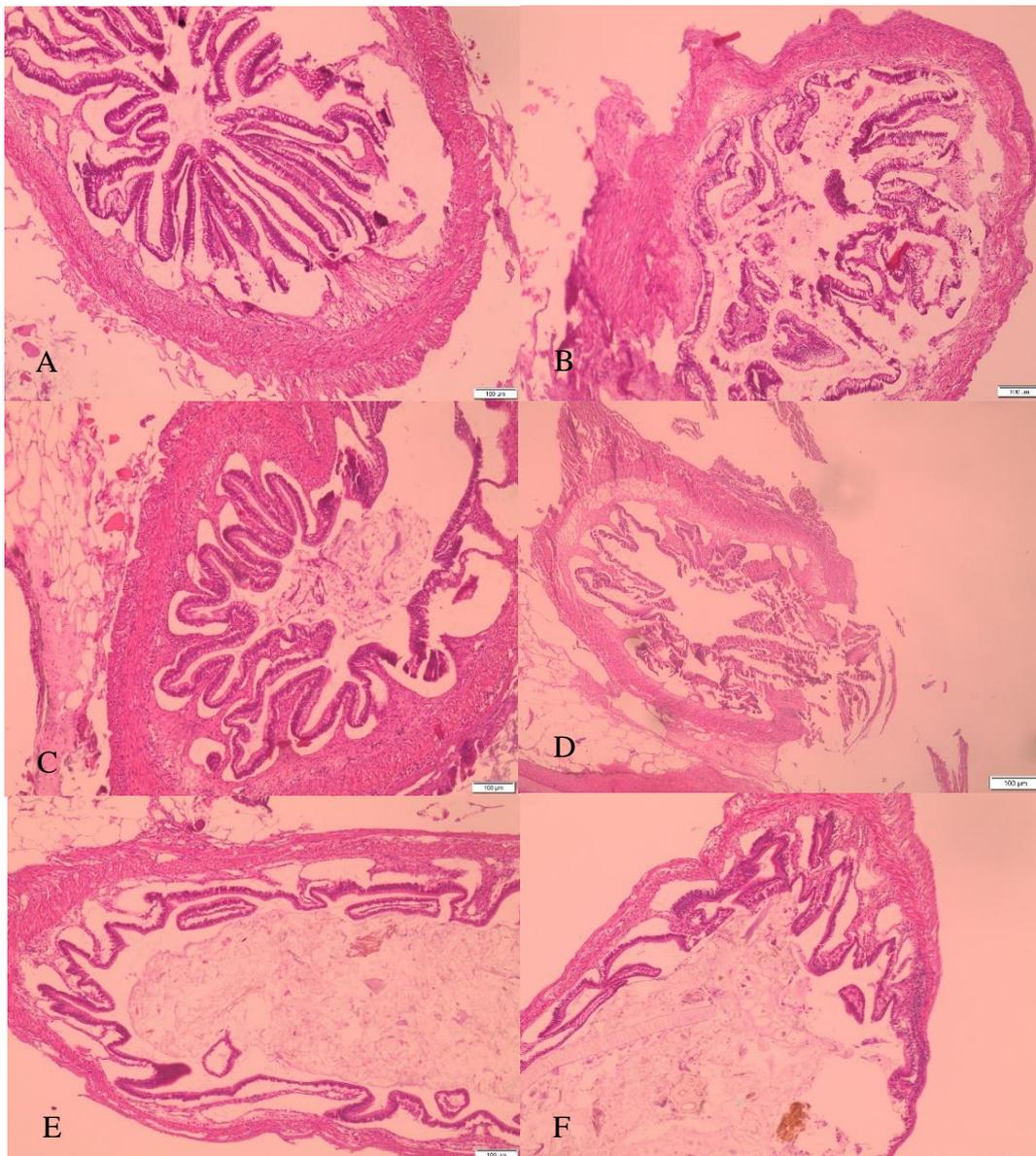


Figura 5 – Fotomicrografia do intestino de juvenis de tambaqui alimentados com diferentes dietas: dieta controle: (A) porção inicial e (B) porção final; dieta contendo resíduo de acerola: (C) porção inicial e (D) porção final e dieta contendo resíduo de goiaba: (E) porção inicial e (F) porção final. Corados em HE (40x).

6. DISCUSSÃO

Os dados obtidos para morfometria corporal (peso e comprimento corporal) para juvenis de tambaqui alimentados com dietas contendo inclusão de 30% resíduos de acerola e goiaba, não demonstraram diferença significativa entre os tratamentos analisados para estas variáveis, esses resultados podem ser explicados uma vez que os exemplares selecionados para serem realizados as análises histológicas do intestino, apresentavam tamanhos e pesos aproximados, essa metodologia foi aplicada para possibilitar a comparação real das estruturas histológicas dos juvenis de tambaqui sem a influência do seu tamanho corporal, uma vez que tambaqui apresenta crescimento heterogêneo.

As análises referente as medidas da morfometria intestinal (comprimento do fígado, peso intestinal, peso das vísceras, peso do fígado e comprimentos do intestino), não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos avaliados, exceto para a variável comprimento do intestino que promoveu nos tratamentos com resíduos de acerola e goiaba maiores médias, com relação ao tratamento controle. Os dados mostraram que as dietas de acerola e goiaba impactaram positivamente o crescimento intestinal em comparação à dieta controle. Isso sugere que o intestino dos peixes se adapta às dietas com maiores teores de fibras, aumentando de tamanho para maximizar a digestão e absorção dos nutrientes.

Baldisserotto (2009) e Olsson (2011) afirmam que dietas com itens de difícil digestão e baixa digestibilidade em teleósteos, são compensadas por uma maior frequência alimentar e aumento do comprimento intestinal, o que ajuda a atender as necessidades nutricionais e prolongar o tempo de retenção da digesta. No entanto não é recomendado aplicar essa informação a todos os peixes, pois além da plasticidade fenotípica, fatores como ontogenia e filogenia também desempenham um papel significativo na estrutura intestinal (Kramer e Bryant, 1995; German e Horn, 2006).

Em peixes teleósteos, Silva (2016) mencionou que o comprimento do intestino está intimamente ligado a composição da sua dieta, bem como com a quantidade de alimento ingerido; peixes herbívoros possuem maiores comprimentos intestinais, pois necessitam de maiores quantidades de alimentos para suprir as suas necessidades nutricionais e os peixes onívoros, como o tambaqui, possuem comprimento intermediário. Em estudos realizados com tambaquês, Pantoja (2018), evidenciou que o comprimento do intestino deste peixe, pode ser

mais influenciado pela dieta que outras variáveis morfométricas intestinais, corroborando com os resultados do presente estudo.

Hansen e Storebakken (2007) relataram em seus estudos que, o aumento dos níveis de fibra bruta na dieta pode aumentar a velocidade do trânsito gastrointestinal da digesta e afetar o desempenho do sistema digestório, além de promover o maior desenvolvimento das vilosidades intestinais para melhor aproveitamento dos nutrientes, justificando o menor comprimento intestinal da dieta controle e os maiores comprimentos para as dietas testadas.

Montagne *et al.* (2003) estipularam 10% como o valor máximo para inclusão de fibra na dieta e que, acima desse valor, a dieta pode interferir no aproveitamento de outros nutrientes; este fato pode ser atribuído as características da fibra em reter maior quantidade de água no bolo alimentar, dificultando a ação das enzimas digestivas e sais biliares, conseqüentemente prejudicando os processos digestivos, o que foi observado neste estudo que as dietas contendo resíduos de acerola e goiaba apresentaram teores de fibra superiores aos estipulados pelo autor supracitados.

Almeida *et al.* (2006) relataram que tambaquis possuem distribuição quase que homogênea de enzimas digestivas no seu trato digestório, com isso prolongam a digestão e aproveitam melhor os nutrientes oriundos da alimentação, porém estas enzimas não têm capacidade de digerir carboidratos estruturais como a celulose, hemicelulose e lignina principais componentes na fibra bruta. Lousada *et al.* (2006) em estudos realizado com subprodutos de frutas tropicais observaram teores de celulose (35,07% e 37,20%), hemicelulose (17,17% e 18,80%) e lignina (20,11% e 18,50%), respectivamente, em resíduos de acerola e goiaba, o que pode corroborar com a hipótese de que os teores de fibra bruta podem ter interferido no trânsito intestinal e modulando os comprimentos destes, visando uma maior absorção dos nutrientes.

Outro fator que pode ter influenciado tanto no comprimento intestinal quanto nas outras variáveis analisadas é a característica alimentar que os juvenis de tambaqui possuem, pois estes são peixes onívoros oportunistas e apresentam sistema digestivo adaptado a uma dieta planctônica, se assemelhando a peixes herbívoros. Entretanto, em virtude do sistema de criação em caixas d'água, onde a quantidade de plâncton presente na água é praticamente ausente, os peixes necessitaram modular rapidamente seu sistema digestivo para se adaptarem a uma dieta inerte e neste caso, com teores de fibras mais elevados. Este fato pode ser explicado por Ferreira

et al. (2015), que em estudos realizados com diferentes dietas para juvenis de tambaqui, observou que peixes alimentados com ração comercial e inclusão de plânctons, obtiveram os melhores resultados quando comparados com peixes alimentados apenas com ração comercial.

O fígado dos peixes alimentados com as dietas experimentais também foi afetado, foram observadas alterações como vacuolização citoplasmática no fígado dos peixes alimentados com resíduos de acerola e goiaba, indicando uma possível infiltração de lipídios ou estresse hepático. Isso pode estar relacionado ao teor de lipídios nas dietas ou à qualidade nutricional dos resíduos. A dieta controle mostrou um fígado com menores sinais de estresse, sugerindo que esta dieta foi menos agressiva ao fígado em comparação às dietas de acerola e goiaba.

O fígado desempenha diversas funções essenciais, como a assimilação e armazenamento de nutrientes, produção de bile, e a manutenção da homeostase corporal, processando carboidratos, proteínas, lipídios e vitaminas. Além disso, é fundamental na síntese de proteínas plasmáticas, como albumina, fibrinogênio e fatores complementares Genten *et al.* (2009). Esse órgão também é um importante indicador do estado nutricional e fisiológico dos peixes, devido ao seu papel central na acumulação e desintoxicação de contaminantes orgânicos e inorgânicos, sendo amplamente utilizado como indicador de poluição aquática em estudos ambientais (Köhler, 1991; Caballero *et al.*, 1999; Al-Yousuf *et al.*, 2000).

A coloração e o tamanho do fígado podem variar conforme o estado nutricional do peixe, podendo ir de amarelada, causada pelo acúmulo de lipídios nas células hepáticas, a marrom-avermelhada, em razão da intensa vascularização do órgão (Roberts e Ellis, 1989). A dieta contendo resíduo de goiaba obteve o menor valor para o IHS, quando comparado aos demais tratamentos. Cyrino *et al.* (2000), em estudos realizados com juvenis de “Black Bass” definiu índice hepatossomático como um percentual da relação da massa do fígado e a massa do peixe capaz de quantificar o estoque de energia no fígado. Índices maiores indicam maior desenvolvimento do tecido que constituem o fígado e representam maior capacidade de armazenamento de reservas energética como glicogênio, por outro lado quando o IHS for baixo sua capacidade de armazenamento é reduzida prejudicando uma série de funções fisiológicas e indicando problema nutricional.

Lemos *et al.* (2011) em estudos realizados com inclusão de farelo de coco em dietas para tambaqui obteve um IHS de $1,90 \pm 0,30$ e à medida que os níveis de inclusão foram aumentados, o IHS reduziu. Estes mesmos autores, ainda afirmam que, a mensuração do IHS é

fundamental para auxiliar a avaliação das condições fisiológicas dos peixes quando expostos a certos problemas alimentares como dietas com teores altos de fibra bruta ou com fatores antinutricionais que podem acarretar em distúrbios metabólicos.

Oliveira Filho (2023) ao avaliar a substituição do óleo de soja pelo óleo de peixe obteve diferença significativa entre os diferentes níveis de substituição para peso do fígado e índice hepatossomático, atribui essa diferença ao acúmulo de lipídeos nos hepatócitos e a degeneração hidrópica, que tem origem na nutrição dos peixes. Em estudos com eficiência alimentar e índices biológicos de juvenis de tambaqui alimentados com óleo de peixe por 60 dias, Rocha (2018) observou que o IHS foi maior nos animais com maior nível de inclusão do óleo em comparação com os demais grupos e que índice digestivo somático apresentou diferença significativa entre o menor nível de inclusão e demais tratamentos.

Dalcin (2018) em estudo com concentrado proteico de arroz na alimentação do jundiá também não observou diferença significativa para IHS, IDS e QI, não causando modificações na estrutura e na capacidade absorptiva do sistema digestório. Martinelli (2013) observou em estudos com densidade de estocagem e frequência alimentar no cultivo de jundiá em tanques-rede que o IHS, IDS e QI não apontaram diferença significativa entre os tratamentos avaliados ressaltando que esses índices não são influenciados pelo modelo de cultivo, mas sim pela qualidade da dieta.

Já para Cotrim (2023) em trabalho com restrição alimentar parcial em juvenis de tambaqui, observou que o IHS não obteve diferença significativa no período inicial e final do experimento, ressaltando ainda que a restrição alimentar ou o manejo alimentar tem influência nessa variável, pois quando os peixes são expostos a falta de alimento estes modificam as vias metabólicas para utilizarem as reservas presentes no fígado.

Os resultados histológicos indicaram uma diferença marcante nas vilosidades intestinais entre os tratamentos, onde o tratamento controle apresenta vilosidades mais longas e ramificadas, o que favorece uma maior superfície de absorção e, portanto, uma melhor eficiência na digestão e absorção de nutrientes. Carvalho (2011) em estudo com desempenho zootécnico e morfometria intestinal de alevinos de tilápia-do-Nilo alimentados com "*Bacillus subtilis*" ou mananoligossacarídeo, encontrou os seguintes resultados (Ração 188,07±81,72 e 32,97±1,54; Ração mais *Bacillus subtilis* 225,63±66,56; 38,61±10,27 e Ração mais

manan oligossacarídeo $224,35 \pm 66,49$ e $32,36 \pm 9,07$), para altura da vilosidade e espessura do epitélio respectivamente, corroborando com os resultados encontrados neste trabalho.

A altura do epitélio e das microvilosidades foi significativamente maior na porção inicial do intestino dos peixes alimentados com dieta controle. Isso sugere que a dieta controle, com menor teor de fibra e mais nutrientes prontamente disponíveis, preserva melhor a integridade estrutural do intestino. Em estudo com juvenis de tambaqui submetidos ao transporte com uso de probióticos, Ferreira (2014) observou que as vilosidades da porção inicial e final do intestino não apresentaram diferença entre os tratamentos analisados, atribuindo esse resultado a qualidade da dieta e não as variáveis ambientais.

A dieta controle favoreceu a integridade das estruturas intestinais, particularmente na porção inicial, onde ocorre a maior parte da absorção de nutrientes. Isso indica que, enquanto as dietas contendo acerola e goiaba estimularam o crescimento intestinal, para aumentar a probabilidade de absorção dos nutrientes em virtude da formação de vilosidades intestinais menores, a dieta controle permitiu uma absorção de nutrientes mais eficiente devido às vilosidades mais longas. Nas dietas experimentais, o aumento de fibras pode ter causado uma leve redução na capacidade absorptiva, resultando em vilosidades mais curtas e menos ramificadas. Isso é esperado quando há maior presença de fibras, pois o intestino precisa lidar com um maior volume de material não digerível.

Já a dieta com resíduo de acerola possui vilosidades intestinais mais curtas e menos ramificadas em comparação com a dieta controle. No entanto, o epitélio manteve-se preservado, sugerindo que a dieta à base de acerola não causou danos significativos às células, provavelmente pela presença de compostos bioativos presente neste fruto, promovendo uma adaptação aos maiores teores de fibras. A presença de fibras pode ter influenciado o encurtamento das vilosidades como uma resposta natural do intestino.

Os peixes alimentados com resíduo de goiaba apresentaram vilosidades ainda mais achatadas e menos ramificadas do que nos outros tratamentos. Isso pode indicar uma menor área de absorção, embora o epitélio tenha permanecido intacto. A dieta com resíduo de goiaba pode exigir uma maior adaptação estrutural das vilosidades devido à sua composição fibrosa e aos compostos fenólicos presentes. No entanto, a integridade do epitélio indica que o intestino é capaz de se adaptar à dieta sem inflamação ou dano significativo.

Uma das justificativas para este fato é a ação dos fatores antinutricionais presentes nos ingredientes alternativos, uma vez que estes agentes podem causar lesões e modificações morfológicas provenientes de inflamações. Pretto *et al.* (2017), em estudos com jundiás (*Rhamdia quelen*) alimentados com farelo de crumbe, observaram que a interação dos fatores antinutricionais presentes nestes ingredientes reduziu a altura das vilosidades.

Com isso podemos observar que quanto mais íntegra a mucosa intestinal, maior será a altura das vilosidades e a capacidade absorptiva dos nutrientes pelo sistema digestivo do peixe, e que a perda celular que ocorre naturalmente no intestino não tem capacidade de promover prejuízos a digestão e absorção, fato esse chamado de equilíbrio de renovação, mas quando esse equilíbrio é afetado seja pela qualidade da dieta ou seja por agentes externos a recomposição celular é reduzida afetando diretamente a saúde intestinal (Ferreira *et al.*, 2014).

Apesar dos processos absorptivos serem mais frequentes na porção inicial do intestino, a ausência de diferença na porção final levanta a hipótese de que os juvenis de tambaqui conseguiram modular todo o trato intestinal, visando melhorar os processos absorptivos e consequentemente aproveitando melhor a dieta. Seixas Filho *et al.* (2001) e Rodrigues *et al.* (2010) também indicaram que o maior desenvolvimento da mucosa na região proximal do intestino indica predomínio da absorção de nutrientes nesta porção.

Às regiões mais proximais do intestino de peixes são atribuídas as maiores capacidades de absorção de nutrientes e contribuição efetiva na digestão, enquanto o intestino distal desempenha importância na absorção de proteínas e peptídeos na forma intacta (Krogdahl *et al.*, 2003; Ostaszewska *et al.*, 2005).

7. CONCLUSÃO

Os resultados sugerem que, embora as dietas contendo resíduos de acerola e goiaba tenham promovido o crescimento intestinal, houve um impacto nas vilosidades intestinais, com uma redução na sua altura e ramificação. Isso pode comprometer, até certo ponto, a capacidade de absorção de nutrientes, especialmente na porção inicial do intestino. No entanto, os peixes foram capazes de adaptar sua morfologia intestinal a essas dietas, e o epitélio manteve-se intacto. Já o fígado mostrou sinais de estresse nas dietas experimentais, indicando que é importante monitorar a composição destas para evitar danos hepáticos.

Tal situação sugere que ao incluir resíduos de acerola e goiaba em dietas para juvenis de tambaqui, se faz necessário ajustar os níveis de fibra brutas de acordo com seu hábito alimentar e fase de desenvolvimento ou fazer uso de aditivos como probióticos que possam auxiliar nos processos digestórios.

Essas observações indicam que, enquanto o uso de resíduos de frutas na dieta pode trazer benefícios nutricionais ou econômicos, também pode levar a alterações morfológicas no intestino dos peixes que impactam a sua função digestiva, apesar dos peixes alimentados com a ração controle apresentarem melhores características para histologia intestinal, os peixes alimentados com as dietas com resíduos de acerola e goiaba modularam seu trato digestório para melhor aproveitar os nutrientes das dietas obtendo os mesmo ganhos produtivos que os peixes alimentados com a ração controle.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, J. S.; NETO, L. D. S.; PAIVA, K. S. L.; ZAIDEN, R. T.; NETO, O. J. S.; BUENO, C. P. Utilização de subprodutos de frutas na alimentação animal. Revista eletrônica Nutritime, Art. 248, v. 11, n. 03, p. 3430-3443, maio-junho 2014.

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. 1-8, 2006.

AL-YOUSUF, M. H.; EL-SHAHAWI, M. S.; AL-GHAIS, S. M. Trace metals in liver, skin and muscle of Lethrinus lentjan fish species in relation to body length and sex. Science of the total environment, v. 256, n. 2-3, p. 87-94, 2000.

AOAC-ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis. Aplica à piscicultura. Santa Maria: Ed. UFSM, 2002. P. 19-39. 15. Ed. Arlington: AOAC, 2000.

ARANDAS, J. K. G. Análise histológica do intestino delgado da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/EltonSantos/publication/268433326_ANALISE_HISTOLOGICA_DO_INTESTINO_DELGADO_DA_TILAPIA_DO_NILO_Oreochromis_niloticus/links/556effde08aeab77722827cc/ANALISE-HISTOLOGICA-DO-INTESTINO-DELGADO-DA-TILAPIA-DO-NILO-Oreochromis-niloticus.pdf. Acesso em: 15 de julho de 2024.

ARAÚJO-LIMA, C. A. R. M.; GOULDING, M. Os frutos do tambaqui: ecologia, conservação e cultivo na Amazônia. Brasília: Sociedade Civil Mamirauá; CNPq, 1998.

ARAÚJO-LIMA, C.; GOMES, L. Tambaqui (*Colossoma macropomum*). In: BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L. (Orgs.). Espécies nativas para piscicultura no Brasil. Santa Maria: Editora UFSM, 2005.

BALDISSEROTTO, B. Fisiologia de Peixes Aplicada à Piscicultura. 2ed. Editora da Universidade Federal de Santa Maria [UFSM], Santa Maria, RS, Brasil. 2009.

BALDISSEROTTO, B. Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura. Santa Maria: Ed. UFSM, 2002.

BALDISSEROTTO, B. RESPIRAÇÃO E CIRCULAÇÃO. IN: BALDISSEROTTO, B. Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura. 3. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2013. p. 53-75.

BOYD, C. E.; D'ABRAMO, L. R.; GLENCROSS, B. D.; HUYBEN, D. C.; JUAREZ, L. M.; BUCKUP, P. A.; MENEZES, N. A.; GHAZZI, M. S. A. Catálogo das espécies de peixes de água doce do Brasil. Rio de Janeiro: Museu Nacional, 2020.

BRASIL, C. N. A. Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. Guia de Financiamento para agricultura de baixo carbono/Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil, v. 1, p. 44, 2020.

BUCKUP, Paulo Andreas; MENEZES, Naércio Aquino; GHAZZI, Miriam Sant'Anna. Catálogo das espécies de peixes de água doce do Brasil. Rio de Janeiro: Museu Nacional, 2007.

CABALLERO, M. J.; G. LÓPEZ-CABALERO, J. SOCORRO, F. J. ROO, M. S. IZQUIERDO, AND A. J. FERNANDEZ. Combined effect of lipid level and fish meal quality on liver histology of gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Aquaculture*, v. 179, n. 1-4, p. 277-290, 1999.

CABALLERO, M. J.; IZQUIERDO, M. S.; KJORSVIK, E.; SOCORRO, D. J. M.; FERNANDEZ, A. J.; ROSEN LUND, G. Morphological aspects of intestinal cells from gilthead

seabream (*Sparus aurata*) fed diets containing different lipid sources. *Aquaculture*, v. 225, n. 1- 4, p. 325-340, 2003.

CAETANO, A. C. S. Extração de antioxidantes de resíduos agroindustriais de acerola. *Journal of Food Science and Technology*, Campinas, v. 12, n. 2, p. 155-160, 2009.

CARVALHO, J.; LIRA, A.; COSTA, D.; MOREIRA, E.; PINTO, L.; ABREU, R.; ALBINATI, R. Desempenho zootécnico e morfometria intestinal de alevinos de tilápia-do-Nilo alimentados com "*Bacillus subtilis*" ou mananoligossacarídeo. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v. 12, n. 1, 2011.

CASPARY, W. F. Physiology and pathophysiology of intestinal absorption. *American Journal of Clinical Nutrition*, v. 55, p. 299-308, 1992.

CORRÊA, R. D. O.; de SOUSA, A. R. B.; MARTINS JUNIOR, H. Criação de tambaquis. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, ed. Editora XPTO, 20 p. 2018.

COSTA, W. M.; LUDKE, M. C. M.; BARBOSA, J. M.; HOLANDA, M. A.; SANTOS, E. L.; RICARTE, M. Digestibilidade de nutrientes e energia de resíduos de frutas pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Reunião anual da sociedade brasileira de Zootecnia*, v. 46, n. 2009, p. 1-3, 2009.

COTRIM, T. S. Restrição alimentar parcial em juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*). Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2023. Acesso em: <https://repositorio.ufms.br/handle/123456789/6530>. Disponível em: 11 de junho de 2024.

COUTO, F. A. A.; FERREIRA, D. G. S. da. Produção de Acerola. Viçosa: CPT, 2012.

CYRINO, J. E. P.; PÓRTZ, L.; MARTINO, R. C. I. Retenção de proteína e energia em juvenis de "Black Bass" *Micropterus salmoides*. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 57, p. 609-616, 2000.

DALCIN, M. O.; PIANESSO, D., SILVA, V. C., MOMBACH, P. I., ADORIAN, T. J., LIMA, J. S.; SILVA, L. P. Concentrado proteico de arroz na alimentação do jundiá (*Rhamdia quelen*). Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 70, p. 306-314, 2018.

ESCAFFRE, A.; KAUSHIK, S.; MAMBRINI, M. Morphometric evaluation of changes in the digestive tract of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) due to fishmeal replacement with soy protein concentrate. Aquaculture, v. 273, p. 127-138, 2007.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. The State of World Fisheries and Aquaculture. Fisheries and Aquaculture Department. Rome, 2016.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. The State of World Fisheries and Aquaculture. Fisheries and Aquaculture Department. Rome, 2020.

FERREIRA, C. M.; ANTONIASSI, N. A.; SILVA, F. G.; POVH, J. A.; POTENÇA, A.; MORAES, T. C.; ABREU, J. S. Características histomorfométricas do intestino de juvenis de tambaqui após uso de probiótico na dieta e durante transporte. Pesquisa Veterinária Brasileira, v. 34, p. 1258-1264, 2014.

FERREIRA, C.M.; ANTONIASSI, N.A.B.; SILVA, F.G.; POVH, J.A.; POTENÇA, A.; MORAES, T.C.H.; SILVA, T.K.S.T.; ABREU, J.S. Características morfométricas do intestino de juvenis de tambaquis após uso de probiótico na dieta e durante transporte. Pesquisa Veterinária Brasileira, v.34, n.12, p.1258-1264, 2015.

FREITAS, C. O.; ROCHA, C. T.; LOOSE, C. E.; LEITE, E. S.; SILVA, J. S. Gestão de Custo e Viabilidade de Implantação de Piscicultura no Município de Urupá em Rondônia, Amazônia – Brasil. In: XXII Congresso Brasileiro de Custos, 11 a 13 de novembro de 2015, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 2015.

GALO, J. M.; RIBEIRO, R. P.; STREIT-JUNIOR, D. P.; ALBUQUERQUE, D. M.; FORNARI, D. C.; ROMA, C. F. C.; GUERREIRO, L. R. J. Oocyte quality of tambaqui (*Colossoma macropomum*) during the reproductive season. Brazilian Journal of Biology, São Carlos, v. 75, n. 2, p. 384-391, abr./jun. 2015.

GENTEN, F.; TERWINGHE, E.; DANGUY, F.; GENTEN, E.; TERWINGHE, AND A. DANGUY, Science Publishers, Enfield, NH, editors. Atlas of Fish Histology. Digestive system. Pages 75-91 in USA. 2009.

GERMAN, D. P.; HORN, M. H. Gut length and mass in herbivorous and carnivorous prickleback fishes (Teleostei: Stichaeidae): ontogenetic, dietary, and phylogenetic effects. Marine Biology, v. 148, n. 5, p. 1123-1134, 2006.

GOMES, L. C.; URBINATI, E. C. Criação de matrinxã. In: BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L. C. (Org.). Espécies nativas para piscicultura no Brasil. Santa Maria: UFSM, 2005. p. 149-174.

GOULDING, M. e CARVALHO, M.L. Life history and management of the tambaqui (*Colossoma macropomum*, Characidae): an important Amazonian food fish. Revista Brasileira de Zoologia, 1: 107-133, 2005.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. Funções secretoras do trato alimentar. In: GUYTON, A. C.; HALL, J. E. Tratado de Fisiologia Médica. 12. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

HALL, J. E. Tratado de Fisiologia Médica. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

HANSEN, J. O.; STOREBAKKEN, T. Effects of dietary cellulose level on pellet quality and nutrient digestibilities in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, v.272, p.458-465, 2007.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Pesquisa sobre a produção de peixes no território nacional, 2018.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Pesquisa sobre a produção de peixes no território nacional, 2019.

INOUE, L. A. K. A.; BOIJINK, C. L. Manaus: a capital do tabaqui. Agrosoft. Brasil, 30 dez. 2010.

JUNQUEIRA, K. P.; PIO, R.; VALE, M. R. do; RAMOS, J. D. Cultura da acerola. 2004.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. Histologia Básica. 12. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

KIERZENBAUM, A. L. Histologia e Biologia Celular: uma Introdução à Patologia. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

KÖHLER, A. Lysosomal perturbations in fish liver as indicator for toxic effects of environmental pollution. Comparative Biochemistry and physiology. C, Comparative Pharmacology and Toxicology, v. 100, n. 1-2, p. 123-127, 1991.

KRAMER, D. L., BRYANT, M. J. Intestine length in the fishes of a tropical stream: 2. Relationships to diet - the long and short of a convoluted issue. Environmental biology of fishes, v. 42, p. 129-141, 1995.

KROGDAHL, Å.; A.M. BAKKE-MCKELLEP, and G. Baeverfjord. Effects of graded levels of standard soybean meal on intestinal structure, mucosal enzyme activities, and pancreatic response in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Aquaculture Nutrition, v. 9, n. 6, p. 361-371, 2003.

KUBITZA, F. Coletânea de informações aplicadas ao cultivo do tambaqui, do pacu e de outros peixes redondos. *Panorama da Aquicultura*, v. 14, n. 82, p. 27-39, 2004.

LEMOS, M. V. A.; GUIMARÃES, E. G.; MIRANDA, E. C. Farelo de coco em dietas para o tambaqui (*Colossoma macropomum*). *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, Salvador, v. 12, n. 1, p. 188-198, 2011.

LOUSADA, J. E. Caracterização físico-química de subprodutos obtidos do processamento de frutas tropicais visando seu aproveitamento na alimentação animal. *Revista Ciência Agronômica*, Lavras, v. 37, n. 1, p. 70-76, 2006.

MARTINELLI, S. G.; RADÜNZ NETO, J.; SILVA, L. P. D.; BERGAMIN, G. T.; MASCHIO, D.; FLORA, M. A. L. D.; POSSANI, G. Densidade de estocagem e frequência alimentar no cultivo de jundiá em tanques-rede. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 48, p. 871-877, 2013.

MELO, L. A. S.; IZEL, A. C. U.; RODRIGUES, F. M. Piscicultura Alternativa Sustentável para o Agronegócio da Amazônia. Manaus-AM. Novembro de 2018.

MEURER, F.; HAYASHI, C.; SOARES, C. M. Utilização de levedura spray dried na alimentação de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.). *Acta Scientiarum*, Maringá, v. 22, n. 2, p. 479-484, 2000.

MONTAGNE, L.; PLUSKE, J. R.; HAMPSON, D. J. (2003). 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*, v. 108, n. 1-4, p. 95-117, 2003.

MORAIS, A. L. S.; CARVALHO, M. M.; CAVALCANTE, L. F. M.; OLIVEIRA, M. R.; CHELLAPPA, S. Características morfológicas do trato digestório de três espécies de peixes (*Osteichthyes lutjanidae*) das águas costeiras do Rio Grande do Norte, Brasil. *Biota Amazônia*, Macapá, v. 4, n. 2, p. 51-54, 2014.

OLIVEIRA FILHO, P. A. D. Óleo de resíduo de pescado na alimentação de juvenis de tambaqui: desempenho zootécnico, hematologia e viabilidade econômica. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus/AM. disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/9787>. Acesso em: 22 de junho de 2024.

OLIVEIRA, H. F. Extrato do resíduo do processamento da goiaba na alimentação de codornas japonesas. 28 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Goiás,

Goiânia, 2016. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/vtt-201520>. Acesso em 24 de julho de 2023.

OLSSON, C., HOLMGREN, S. Autonomic control of gut motility: a comparative view. *Autonomic neuroscience*, v. 165, n. 1, p. 80-101, 2011.

OSTASZEWSKA, T.; K. DABROWSKI, M. E. PALACIOS, OLEJNICZAK, M. Growth and morphological changes in the digestive tract of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and pacu (*Piaractus mesopotamicus*) due to casein replacement with soybean proteins. *Aquaculture*, v. 245, n. 1-4, p. 273-286, 2005.

PANTOJA, B. T. D. S. Anatomia do aparelho digestório do tambaqui (*Colossoma macropomum*) alimentados com rações de diferentes níveis de fósforo digestível. 2018. 6f. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha, 2018. Disponível em: <http://hdl.handle.net/123456789/4288>. Acesso em 15 de junho de 2024.

PEDROZA FILHO, M. X.; RODRIGUES, A. P. O.; REZENDE, F. P. Diagnóstico da cadeia produtiva da piscicultura no estado de Tocantins. Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura. 66 p. (Embrapa Pesca e Aquicultura. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 5). 2016.

PEIXE BR. Anuário Peixe Br da Piscicultura: A força do peixe brasileiro. 2023.

PENNA, M. A.; VILLACORTA-CORRÊA, M. A.; WALTER, T.; PETRERE-JR, M. Growth of the tambaqui (*Colossoma macropomum*, Cuvier, 1818) (Characiformes: Characidae): which is the best model. *Brazilian Journal of Biology*, v. 65, n. 3, p. 383-392, 2005.

PIÑEYRO, J. I. G.; ALEXANDRE, R. L. S.; SOUSA, R. G. C. Aspectos histológico das vilosidades intestinais de Tambaquis (*Colossoma macropomum*, Cuvier, 1818) selvagens e de cultivo. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 7, p. 51832-51839, 2020.

PRETTO, A. Tratamento enzimático em farelo de crambe e aplicação em dietas para (*Rhamdia quelen*). *Caderno de Ciências Agrárias*, v. 9, n. 1, p. 62-74, 2017.

PROPHET, E. B.; MILLS, B.; ARRINGTON, J. B.; SOBIN, L. H. *Laboratory Methods in Histotechnology*. Washington, DC: American Registry of Pathology, Armed Forces Institute of Pathology, 279p. 1992.

PROPHET, E. B.; MILLS, B.; ARRINGTON, J.; SOBIN, L. *Manual de métodos histotecnológicos del Instituto de Patología de las Fuerzas Armadas de los Estados Unidos de América*. 5. ed. Washington, DC: ARP, 1995.

RAMOS, F. D. C. P.; LOURENÇO, L. F. H.; JOELE, M. R. S. P.; LIMA, C. L. S. de; RIBEIRO, S. D. C. A. Tambaqui (*Colossoma macropomum*) sous vide: characterization and quality parameters. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 37, n. 1, p. 117-130, 2016.

REIS, D. S.; FIGUEIREDO, N. A.; FERRAZ, A. D. V.; FREITAS, S. T. *Produção e estabilidade de conservação de farinha de acerola desidratada em diferentes temperaturas*. Embrapa Semiárido, 2017.

REIS, R. E. Conserving the freshwater fishes of South America. *International Zoo Yearbook*, v. 47, p. 65-70, 2013.

RIBEIRO, C. S.; MOREIRA, R. G. Fatores ambientais e reprodução dos peixes. *Revista da Biologia*, 8, 2015.

RITZINGER, R.; RITZINGER, C. H. S. P. *Fruticultura tropical: espécies regionais e exóticas*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

ROBERTS, R. J., ELLIS, A. E. The anatomy and physiology of teleosts. Pages 13-55 in R.J. Roberts, editor. *Fish Pathology*. Bailliere Tindall, London, England. 1989.

ROBERTS, R. J.; ELLIS, A. E. The Anatomy and Physiology of Teleosts. In: ROBERTS, R. J.; BVMS (Eds.). *Fish Pathology*. 4. ed. UK: Wiley-Blackwell Publishing, p. 591. 2012.

RODRIGUES, A. P. O. Nutrição e alimentação do tambaqui (*Colossoma macropomum*). *Boletim do Instituto de Pesca (Online)*, v. 40, p. 135-145, 2014.

RODRIGUES, A.P.O.; P. PAULETTI, L. KINDLEIN, E.F. DELGADO, J.E.P. CYRINO.; R. MACHADO-NETO. Intestinal histomorphology in *Pseudoplatystoma fasciatum* fed bovine colostrum as source of protein and bioactive peptides. *Scientia Agricola*, v. 67, p. 524-530, 2010.

RODRIGUES, L. B. Efeitos ecotoxicológicos do glifosato e formulações em diferentes organismos. 2016. 32 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Programa de Pós-graduação em Ciências Farmacêuticas, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016. Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFG_25c9e67e395517d786d59d1dd02913d. Acesso em 23 de junho de 2024.

ROESLER, R.; MALTA, L. G.; CARRASCO, L. C.; HOLANDA, R. B.; SOUSA, C. A. S.; PASTORE, G. M. Atividade antioxidante de frutas do cerrado. *Food Science and Technology*, v. 27, p. 53-60, 2007.

RORIZ, R. F. C. Aproveitamento dos resíduos alimentícios obtidos das centrais de abastecimento do Estado de Goiás S/A para alimentação humana. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Goiânia, 2012.

ROTTA, M. A. Aspectos gerais da fisiologia e estrutura do sistema digestivo dos peixes relacionados à piscicultura / 48 p - Documentos/Embrapa Pantanal ISSN 1517-1973;53 Marco Aurélio Rotta Corumbá: 2003.

SAINT-PAUL, U. Investigations on the seasonal changes in the chemical composition of liver and condition from a neotropical characoid fish *Colossoma macropomum* (Serrasalminidae). *Amazoniana*, v. 9, n. 1, p. 147–158, 1984.

SANCHO, S. O. Estudo do potencial de resíduos de frutas tropicais para elaboração de suplemento alimentar probiótico. 2011. 205 p. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/17054>. Acesso em: 16 de março de 2024.

SANTOS, W. G. D. Aproveitamento de resíduos agroindustriais em rações para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*). Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Amazonas, Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos, Itacoatiara, AM. 2023. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/9845>. Acesso em 15 de maio de 2024.

SEIXAS FILHO, J. T.; J. M. BRÁS, A. T. M. GOMIDE, M. G. A. OLIVEIRA, J. L. DONZELE, E. E. MENIN. Anatomia funcional e morfometria do intestino no Teleostei (Pisces) de água doce Surubim (*Pseudoplatystoma coruscans* -Agassiz, 1829). *Rev. Bras. Zootec*, v. 30, p. 1670-80, 2001.

SILVA, F. N. L.; MEDEIROS, L. R.; LIMA, A. A. N.; XAVIER, D. T. O.; MACEDO, A. R. G.; REIS, A. A. R.; BRANDÃO, L. V.; SOUZA, R. A. S. Alimentos alternativos da agricultura familiar como proposta em rações para Tambaqui (*Colossoma macropomum* - Cuvier, 1818). PUBVE, v. 11, n. 2, p. 103-112, 2017.

SILVA, M. T.; CARNEIRO, J. H.; CAMPOS, V. P. C. C. Avaliação morfológica e morfométrica do sistema digestório do Bagre de Canal criado em cativeiro. Veterinária e Zootecnia, v. 23, n. 1, p. 105, mar. 2016.

SOARES, K. J. A.; RIBEIRO, F. B.; BOMFIM, M. A. D.; MARCHÃO, R. S. Valor nutricional de alimentos alternativos para tambaqui (*Colossoma macropomum*). Arch. Zootec., v. 66, n. 256, p. 491-497, 2017.

SOUSA, A. F. L., & INHAMUNS, A. J. (2011). Análise de rendimento cárneo das principais espécies de peixes comercializadas no Estado do Amazonas, Brasil. Acta Amazonica, v. 41, p. 289-296, 2011.

SOUSA, M. S. B., VIEIRA, L. M., SILVA, M. D. J. M. D., & LIMA, A. D. Caracterização nutricional e compostos antioxidantes em resíduos de polpas de frutas tropicais. Ciência e agrotecnologia, v. 35, p. 554-559, 2011.

SOUSA, R. G. C.; PRADO, G. F.; GUIMARÃ, J. I.; NETO, E. B. B. Avaliação do ganho de peso de tambaqui cultivado com diferentes taxas de proteínas na alimentação. Biota Amazônia, Manaus, v. 6, n. 1, p. 40-45, 2016.

VAL, A. L.; HONCZARYK, A. Creating fish in the Amazon. Instituto de Pesquisa da Amazônia, Manaus, Amazonas, Brasil. 149 p. 1995.

VALENTI, W. C.; BARROS, H. P.; MORAES-VALENTI, P.; BUENO, G. W.; CAVALLI, R. O. Aquaculture in Brazil: past, present and future. Aquaculture Reports, v. 19, e100611, 2021.

ZARPELLON, I.; ARNHOLD, E. Biochemistry blood, biometric index of gut histomorphometry of pirapitinga submitted to different feeding rates in the rearing phase. Universidade Federal de Goiás, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Goiânia, 2015.