



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS PALMAS
CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM ZOOTECNIA

EDUARDA BARROS DE PINHO

**ÓLEO DE BURITI (*Mauritia flexouosa* L.) NA ALIMENTAÇÃO DE JUVENIS DE
TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*)**

**PALMAS
2025**

EDUARDA BARROS DE PINHO

**ÓLEO DE BURITI (*Mauritia flexouosa* L.) NA ALIMENTAÇÃO DE JUVENIS DE
TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*)**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à coordenação do curso de Bacharelado em Zootecnia do Campus Palmas, do Instituto Federal do Tocantins, como exigência à obtenção do título de Bacharela em Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. Alysson Soares da Rocha.

**PALMAS
2025**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

P6546 Pinho, Eduarda Barros de
 ÓLEO DE BURITI (*Mauritia flexouosa* L.) NA ALIMENTAÇÃO DE
 JUVENIS DE TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*) / Eduarda Barros de
 Pinho. – Palmas, TO, 2025.
 47 p. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Zootecnia) – Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins - IFTO, Palmas, TO,
2025.

Orientador: Dr. Alysson Soares da Rocha.

1. Nutrição.. 2. Óleos vegetais.. 3. Peixes nativos.. I. Rocha, Alysson Soares
da. II. Título.

CDD 636

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins de estudo e
pesquisa, desde que citada a fonte.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos pelo(a)
autor(a).



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS PALMAS - TO
COORDENAÇÃO DO CURSO SUPERIOR BACHARELADO EM ZOOTECNIA

EDUARDA BARROS DE PINHO

**ÓLEO DE BURITI (*Mauritia flexouosa* L.) NA ALIMENTAÇÃO DE JUVENIS DE
TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso Superior Bacharelado
em Zootecnia do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins -
Campus Palmas, Palmas/TO, como exigência
à obtenção do título de Bacharel em
Zootecnia.

Aprovado em: 15 de dezembro de 2025.

BANCA AVALIADORA

Prof. Dr. Alysson Soares da Rocha
IFTO - *Campus* Palmas - TO

Prof. Dr. Clauber Rosanova
IFTO - *Campus* Palmas - TO

Prof. M.e Thiago Fontolan Tardivo
Unicatólica - TO



Documento assinado eletronicamente por **Alysson Soares da Rocha, Servidor**, em 17/12/2025, às 10:32, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Clauber Rosanova, Servidor**, em 17/12/2025, às 12:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.iftto.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3011951** e o código CRC **909A34A8**.



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS

Campus Palmas 310 Sul, Av. LO 5, s/n, esquina com a Avenida NS 10 - Plano Diretor Sul — CEP 77021-090 Palmas/TO - portal.iftto.edu.br — reitoria@iftto.edu.br

Referência: Processo nº 23236.025325/2025-01

SEI nº 3011951



Documento assinado digitalmente

THIAGO FONTOLAN TARDIVO

Data: 18/12/2025 09:08:40-0300

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

Dedico este trabalho a Deus, sem Ele nada disso seria possível. Aos meus pais que não mediram esforços para me apoiar e me incentivar durante essa trajetória. E aos meus avôs (*In memoriam*) Agostinho Bezerra e Antônio Barros, que deixaram um legado aos quais respeito e levo comigo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, meu maior refúgio, meu guia e minha fonte de força diária. É nas Suas mãos que encontro direção e coragem. Sem Ele, eu nada seria;

Agradeço ao meu pai, Flávio, à minha mãe, Vita, e à minha irmã, Isabela, por serem meu alicerce nos momentos em que pensei em desistir. O incentivo, o amor e a força de vocês me impulsionaram até aqui. Esta conquista é compartilhada, porque cada passo meu foi sustentado por Deus e por vocês;

Ao meu companheiro Roberth, que, mesmo chegando na minha vida já no final da graduação, trouxe leveza, apoio e acolhimento. Obrigada por acreditar em mim quando eu mesma duvidei, por me dar forças nos dias difíceis e por celebrar comigo cada pequena conquista;

Aos meus colegas e amigos de faculdade Emily Brito, Camila Neres, Kharenn Gomes, Yan Chaves, Gabriela Holanda, Maria Eduarda Pimentel, Wendy Andrade, por compartilharem comigo tantos momentos de aprendizado, risadas e apoio ao longo dessa trajetória. Vocês tornaram essa caminhada muito mais leve e especial.

Agradeço aos meus pastores, Dawegh Dourado e Suzy Dourado, por todo o apoio, orações e palavras de encorajamento ao longo dessa trajetória.

Agradeço ao meu orientador, prof. Dr. Alysson Rocha, que com paciência, incentivo e compromisso guiou cada etapa deste trabalho. Sou grata pela confiança e pelo aprendizado que levarei comigo para sempre;

Ao Instituto Federal do Tocantins (Campus Palmas) pela estrutura de ensino e a todos os professores que fizeram parte da minha formação e me conduziram ao caminho da realização pessoal e profissional, em destaque os professores: Alysson Rocha, Clauber Rosanova, Otávio Cabral, Antônio Carlos, Raphael Pavesi, Sérgio Alves;

Agradeço à técnica de laboratório Ana Cristina por todo o auxílio prestado durante a realização do experimento. Sua ajuda foi fundamental para o desenvolvimento deste trabalho;

Agradeço à Viviane Bruxel, que estagiou por um período no Laboratório de Produção de Organismos Aquáticos e me ajudou muito durante o experimento;

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Tocantins (FAPT) pela concessão da bolsa e fomento para a realização dessa pesquisa;

À NF Lamar pelo apoio para a realização das análises laboratoriais.

E agradeço a todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

ISAÍAS 40:20

“Para que todos vejam, e saibam, e considerem, e juntamente entendam que a mão do Senhor fez isto”.

RESUMO

A piscicultura tem se consolidado como atividade estratégica no agronegócio brasileiro, com papel central na produção de proteína animal, sendo o tambaqui (*Colossoma macropomum*) a principal espécie nativa cultivada. A limitação no fornecimento de óleo de peixe para rações tem estimulado a busca por fontes lipídicas alternativas e sustentáveis, destacando-se os óleos vegetais. Diante da escassez de estudos com essa fonte para o tambaqui, este trabalho avaliou os efeitos da inclusão de diferentes níveis de óleo de buriti na alimentação de juvenis de *C. macropomum*. Foram utilizados 128 juvenis ($62,72 \pm 4,11$ g; $15,25 \pm 0,60$ cm), mantidos em sistema fechado de recirculação, em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (1,75%, 3,0%, 5,50% e 8,0%) e quatro repetições. Avaliou-se ganho de peso total (GPT), fator de conversão alimentar (FCA), consumo estimado (CE), taxa de crescimento específico (TCE), taxa de eficiência proteica (TEP), índice hepato-somático (IHS) e índice digestivo-somático (IDS). O experimento foi aprovado pelo comitê de ética animal do IFTO. A qualidade da água manteve-se dentro dos padrões recomendados. As dietas não influenciaram a mortalidade e proporcionaram boa condição corporal. Houve diferenças significativas ($P < 0,05$) para GPT, FCA, TCE, TEP e IHS, com melhor desempenho nos maiores níveis de inclusão. A regressão indicou tendência linear positiva para todos os parâmetros, enquanto a conversão alimentar reduziu com o aumento da energia. O IDS não diferiu no teste de médias, porém a regressão apresentou uma tendência linear crescente, conforme o aumento do nível energético da dieta, indicando adaptação fisiológica do trato digestório. De forma geral, a inclusão crescente de óleo de buriti favoreceu o desempenho zootécnico, reforçando o potencial desse insumo na formulação de dietas para a espécie.

Palavras chaves: Nutrição. Óleos vegetais. Peixes nativos

ABSTRACT

Aquaculture has consolidated itself as a strategic activity in the Brazilian agribusiness, playing a central role in the production of animal protein, with tambaqui (*Colossoma macropomum*) being the main native species cultivated. Limitations in the supply of fish oil for aquafeeds have stimulated the search for alternative and sustainable lipid sources, especially vegetable oils. Given the scarcity of studies evaluating this source for tambaqui, this study assessed the effects of including different levels of buriti oil in the diet of *C. macropomum* juveniles. A total of 128 juveniles (62.72 ± 4.11 g; 15.25 ± 0.60 cm) were reared in a closed recirculating system under a completely randomized design, with four treatments (1.75%, 3.0%, 5.50%, and 8.0%) and four replicates. Total weight gain (TWG), feed conversion ratio (FCR), estimated feed intake (EFI), specific growth rate (SGR), protein efficiency ratio (PER), hepatosomatic index (HSI), and digestive somatic index (DSI) were evaluated. The experiment was approved by the IFTO Animal Ethics Committee. Water quality remained within recommended standards. Diets did not affect mortality and provided good body condition. Significant differences ($P < 0.05$) were observed for TWG, FCR, SGR, PER, and HSI, with better performance at higher inclusion levels. Regression analysis indicated a positive linear trend for all parameters, while feed conversion improved with increasing dietary energy levels. DSI did not differ in the mean comparison test; however, regression analysis showed an increasing linear trend as dietary energy levels increased, indicating physiological adaptation of the digestive tract. Overall, increasing inclusion of buriti oil improved zootechnical performance, reinforcing the potential of this ingredient in diet formulation for the species.

Keywords: Nutrition. vegetable oils. native fish.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplar de tambaqui, <i>Colossoma macropomum</i>	19
Figura 2. Buriti (<i>Mauritia Flexuosa L.</i>).....	25
Figura 3 - Laboratório de produção de organismos aquáticos - IFTO (<i>Campus Palmas</i>).....	29
Figura 4. Produção das rações experimentais.....	30
Figura 5. Equação de regressão para os níveis de inclusão do óleo de buriti (<i>Mauritia flexuosa L.</i>) em juvenis de (<i>C. macropomum</i>) para os parâmetros de ganho de peso e conversão alimentar...	35
Figura 6. Equação de regressão para os níveis de inclusão do óleo de buriti (<i>Mauritia flexuosa L.</i>) em juvenis de (<i>C. macropomum</i>) para os índices de taxa de crescimento específico (TCE) e taxa de eficiência protéica (TEP).....	37
Figura 7. Evidência visual do acúmulo de gordura visceral em (<i>C. macropomum</i>) demonstrando maior deposição lipídica ao redor dos órgãos internos conforme o nível energético da dieta.....	38
Figura 8. Equação de regressão para os níveis de inclusão do óleo de buriti (<i>Mauritia flexuosa L.</i>) em juvenis de (<i>C. macropomum</i>) para os índice hepato-somático e índice digestivo somático....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição de ácidos graxos (%) do óleo de buriti com dados da literatura.....	27
Tabela 2. Composição centesimal das rações com diferentes níveis de óleo de buriti (<i>Mauritia flexuosa</i> L.) para juvenis de tambaqui (<i>C. macropomum</i>).....	30
Tabela 3 - Valores dos parâmetros de qualidade da água, média e desvio padrão durante o período experimental.....	32
Tabela 4 - Quadrados médios e médias gerais dos tratamentos obtidos na ANOVA.....	32
Tabela 5 - Desempenho do (<i>C. macropomum</i>) alimentados com diferentes níveis de óleo de buriti (<i>Mauritia flexuosa</i> L.) por 32 dias.....	33

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA: Análise de variância

ARA: Ácido araquidônico

ATP: Adenosina trifosfato

CA: Conversão alimentar

DHA: Ácido graxo docosaheptaenóico

EPA: Ácido graxo eicosapentaenoico

FAO: Food and agriculture Organization of the United Nation

GP: Ganho de peso

HUFA: Ácidos graxos altamente insaturados

IDS: Índice digestivo somático

IHS: Índice hepato somático

LA: Ácido linoleico

LNA: Ácido linolênico

OB: Óleo de buriti

OP: Óleo de peixe

OV: Óleo vegetal

pH: Potencial hidrogeniônico

PUFA: Ácidos graxos poliinsaturados

TCE: Taxa de crescimento específica

TEP: Taxa de eficiência proteica

TS: Taxa de sobrevivência

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1 Problematização.....	15
1.2 Objetivos.....	17
1.2.1 Objetivo Geral.....	17
1.2.2 Objetivo específico.....	17
1.3 Justificativa.....	18
2. DESENVOLVIMENTO.....	19
2.1 Revisão de literatura.....	19
2.1.1 Tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>):.....	19
2.1.2 Lipídios na nutrição de peixes.....	21
2.1.3 Óleos vegetais na nutrição de peixes.....	23
2.1.4 Buriti (<i>Mauritia flexuosa</i> L.).....	24
2.1.5 Óleo de Buriti (<i>Mauritia flexuosa</i> L.).....	26
2.2 Metodologia:.....	28
2.3 Resultados e Discussão.....	32
2.3.1 Qualidade da água.....	32
2.3.2 Desempenho zootécnico.....	32
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	41
REFERÊNCIAS:.....	42

1. INTRODUÇÃO

A piscicultura tem passado por mudanças significativas ao longo dos anos, consolidando-se como uma atividade estratégica dentro do agronegócio, especialmente como alternativa sustentável à pesca extrativa. Atualmente, a aquicultura já responde por aproximadamente 51% do volume global de pescado produzido, segundo dados da (FAO, 2024). No Brasil, o setor aquícola tem apresentado um crescimento promissor, com capacidade crescente de suprir a demanda por pescado. Em 2023, a produção nacional foi estimada em cerca de 655 mil toneladas (IBGE, 2023).

Os peixes nativos representam 26,71% da produção total da piscicultura no Brasil, sendo o Tambaqui (*Colossoma macropomum*) a espécie de peixe nativo do Brasil mais produzida (Peixe BR, 2025). A espécie mais produzida do estado do Tocantins é o Tambaqui, cuja produção atingiu 17.400 toneladas. (PEIXE BR, 2025).

Esse avanço pode ser atribuído a diversos fatores, como a diminuição dos estoques naturais de peixes, o aumento da demanda por alimentos saudáveis, e os progressos tecnológicos, incluindo melhoramento genético, formulação de rações mais eficientes, modernização das instalações e adoção de sistemas de produção intensiva. Apesar da relevância produtiva da espécie, sua alimentação ainda enfrenta desafios estruturais, especialmente no que se refere à indústria de rações para organismos aquáticos, que encontra dificuldades em acompanhar o ritmo crescente das demandas da piscicultura.

Um dos principais gargalos está relacionado à disponibilidade de óleo de peixe (OP), um ingrediente fundamental nas formulações por ser fonte de energia e ácidos graxos essenciais (YILDIZ et al., 2014), especialmente os da série n-3, conhecidos como ácidos graxos monoinsaturados (HUFA), importantes para o crescimento adequado e saúde dos peixes cultivados (TURCHINI et al., 2009). A escassez crescente desse insumo, devido à sobrepesca e redução dos estoques naturais, tem elevado os custos e gerado críticas à sustentabilidade do modelo produtivo baseado em recursos pesqueiros finitos (NAYLOR et al., 2000; WORM et al., 2006).

Diante desse cenário, os óleos vegetais ganham destaque como alternativa viável do ponto de vista econômico e ambiental. Além de apresentarem maior disponibilidade, essas fontes lipídicas têm sido cada vez mais exploradas pela indústria de rações, que busca substituir o óleo de peixe por alternativas confiáveis e de menor custo (TURCHINI et al., 2009).

O buriti (*Mauritia flexuosa*) é uma palmeira nativa do Brasil e o óleo extraído do fruto é utilizado como alimento e para fins medicinais por populações locais. Esse fruto tem despertado o interesse de pesquisadores devido às suas propriedades terapêuticas, como ação antibacteriana, antifúngica, antiparasitária e antioxidante. Em relação à sua composição lipídica, o óleo extraído do fruto apresenta altos níveis de ácidos graxos monoinsaturados (HUFA), com destaque para o ácido oleico, que pode representar cerca de 73% do total. Também apresenta em média 3% de ácido linoléico e 2% de ácido linolênico (MANHÃES e SABAA SRUR, 2011). Além disso, o óleo de buriti (OB) contém quantidades consideráveis de ácido linoleico e ácido linolênico, esses ácidos graxos juntos contribuem para a promoção da saúde cardiovascular e outros benefícios metabólicos.

Estudos direcionados à avaliação de fontes lipídicas vegetais com potencial para a utilização na nutrição de Tambaqui (*Colossoma macropomum*), envolvendo o óleo de buriti (*Mauritia flexuosa*), ainda são escassos na literatura, apesar de seu perfil lipídico apresentarem características nutricionais promissoras.

Considerando a relevância econômica e produtiva da espécie para a piscicultura brasileira, torna-se necessário o desenvolvimento de pesquisas que ampliem o conhecimento sobre o uso de óleos vegetais alternativos em sua dieta, visando melhorias no desempenho zootécnico e na saúde dos animais. Nesse contexto, a investigação de fontes lipídicas alternativas, como óleo de buriti (OB), representa uma estratégia promissora para o avanço sustentável da piscicultura nacional. Diante disso, este estudo teve como objetivo avaliar diferentes níveis de inclusão do óleo de buriti na alimentação de juvenis de Tambaqui.

1.1 Problemática

O óleo de peixe (OP) é um insumo obtido predominantemente a partir da pesca industrial, do resíduo do processamento de pescado e é amplamente empregado na formulação de rações

destinadas à alimentação de organismos aquáticos cultivados. As dietas comerciais representam, em geral, o principal componente dos custos operacionais na maioria dos sistemas de produção de peixes e crustáceos (FAO, 2025). Embora o uso desse insumo seja mais comum em espécies carnívoras, como salmão e bacalhau, além do camarão, ele também é utilizado na alimentação de algumas espécies herbívoras (WU et al., 2024).

De acordo com estimativas, rações para organismos aquáticos utilizam aproximadamente 74,4% das fontes globais de OP como fonte lipídica (HUGHES et al., 2025). O uso de óleo de peixe como fonte lipídica na dieta fornece energia e ácidos graxos (YILDIZ et al., 2014) com destaque para níveis mais elevados de ácidos graxos monoinsaturados (HUFA) da série n-3, que são essenciais para ótimo crescimento e manutenção da saúde dos peixes cultivados.

Um dos entraves tem sido em relação ao fornecimento de óleo de peixe (OP), insumo básico na formulação das dietas, devido à redução nos estoques pesqueiros naturais e competição com a indústria pet. Segundo Majluf et al. (2024), mesmo com avanços em ingredientes alternativos e uso de subprodutos, a indústria aquícola ainda depende de grandes volumes de peixe-farinha e óleo de peixe originados de peixes pelágicos selvagens, o que mantém a pressão sobre estoques marinhos e suscita questões de sustentabilidade.

Com o aumento dos preços globais e a limitação das fontes de óleo de peixe, a piscicultura tem sido alvo de críticas quanto à sustentabilidade à longo prazo desse recurso marinho finito (MAJLUF et al., 2024). Nesse contexto, os óleos vegetais têm se tornado ainda mais atrativos para a indústria de rações, buscando alternativas mais estáveis, confiáveis e viáveis economicamente (SARMIENTO et al., 2025; ABDEL-AZIZ et al., 2024).

O buriti (*Mauritia flexuosa* L.) é uma palmeira bastante presente em diversas regiões do Brasil, onde seu fruto faz parte da vida e da cultura de muitas comunidades. O óleo extraído da sua polpa chama atenção não apenas pelo uso tradicional, mas também pelo seu perfil nutricional, semelhante ao de óleos amplamente valorizados, como o de oliva, canola e algodão, destacando-se pelo elevado teor de ácidos graxos monoinsaturados (HUFA) e compostos bioativos.

Apesar desse potencial, o óleo de buriti ainda é pouco explorado cientificamente, especialmente no contexto da alimentação animal. Suas propriedades físico-químicas sugerem

que ele pode representar uma alternativa promissora às fontes lipídicas convencionais utilizadas na piscicultura. No entanto, ainda existe uma grande lacuna de conhecimento sobre seus reais efeitos nutricionais e produtivos em peixes cultivados, o que reforça a importância de investigar melhor esse recurso tão presente na biodiversidade brasileira.

O óleo de buriti (OB) é extraído da polpa do fruto e se destaca pela presença de β -carotenóides, tocoferóis e ácidos graxos relevantes para a nutrição humana e animal (NOBRE et al., 2018). Segundo Lima et al. (2018), cerca de 22% da massa da polpa pode ser convertida em óleo, o que evidencia seu potencial de rendimento. Em termos de composição lipídica, o óleo apresenta, em média, 17,34% a 19,73% de ácido palmítico (C16:0), 72,14% a 78,73% de ácido oleico (C18:1) e 1,5% a 3,93% de ácido linoleico (C18:2). A presença desses ácidos graxos é relevante para a nutrição de espécies como o tambaqui, que demanda fontes adequadas de ácidos graxos essenciais especialmente os da série n-3 e n-6 para garantir o crescimento saudável, o bom funcionamento metabólico e a manutenção da saúde. Assim, o perfil lipídico do óleo de buriti indica que ele pode atender essas exigências nutricionais, apresentando potencial para atuar como fonte lipídica alternativa na formulação de rações.

Diante da escassez do óleo de Peixe (OP) e do potencial do óleo de buriti (OB), ainda pouco estudado, o OB pode realmente atender às necessidades nutricionais do Tambaqui e manter seu crescimento e saúde?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

- Avaliar a adição de diferentes níveis do óleo da polpa de buriti (*Mauritia flexuosa* L.) na dieta de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*).

1.2.2 Objetivo específico

- Avaliar o desempenho zootécnico dos animais alimentados aos diferentes níveis de adição do óleo da polpa de buriti;
- Avaliar o índice digestivo somático e índice hepato somático.

1.3 Justificativa

O avanço da aquicultura mundial com ênfase na piscicultura nas últimas décadas, impulsionado por investimentos tecnológicos e pelo aumento da produção global de organismos aquáticos, tem elevado significativamente a demanda por óleo de peixe, ingrediente essencial na formulação de dietas para diversas espécies. Entretanto, a oferta desse insumo tem sido limitada pela redução das capturas de peixes marinhos e pelo aumento do consumo humano, especialmente na forma de suplementos alimentares, resultando em elevações expressivas nos preços globais do produto. Esses fatores têm motivado a busca por fontes lipídicas alternativas que possam substituir parcial ou totalmente o óleo de peixe nas rações aquícolas (GLENCROSS, 2024).

Apesar de ser amplamente utilizado por sua riqueza em ácidos graxos monoinsaturados (HUFA), o óleo de peixe apresenta custos crescentes e disponibilidade reduzida. Nesse contexto, os óleos vegetais surgem como opções viáveis devido à sua ampla oferta e estabilidade de preços. Embora não apresentem os mesmos níveis de HUFA n-3, são ricos em ácido linoleico (18:2 n-6) e ácido linolênico (18:3 n-3), que podem ser convertidos em HUFA pelos peixes por meio de processos enzimáticos de dessaturação e alongação. Ainda assim, a composição de ácidos graxos das dietas influencia diretamente o perfil lipídico dos tecidos, podendo alterar a proporção n-3/n-6 e, conseqüentemente, aspectos fisiológicos importantes para a saúde dos peixes. (XU et.al, 2022)

Entre as fontes vegetais não convencionais com potencial de uso na alimentação de peixes, destaca-se o óleo de buriti (*Mauritia flexuosa* L.), fruto típico do Cerrado Brasileiro reconhecido por seu elevado teor de ácido oleico. Embora esse perfil lipídico seja promissor, ainda há escassez de estudos que avaliem seus efeitos sobre o metabolismo, o crescimento e a composição corporal dos peixes cultivados.

No caso do tambaqui (*Colossoma macropomum*), espécie de grande relevância econômica para a piscicultura nacional, são limitadas as informações sobre como diferentes perfis de ácidos graxos influenciam seu desempenho zootécnico e sua qualidade de carne. Assim, torna-se fundamental investigar o uso do óleo de buriti como fonte lipídica alternativa na dieta

dessa espécie, a fim de determinar sua adequação nutricional e contribuir para o avanço do conhecimento científico na área de nutrição aquícola.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Revisão de literatura

2.1.1 Tambaqui (*Colossoma macropomum*):

O tambaqui (Figura 1), (*Colossoma macropomum*), é uma espécie nativa da Bacia Amazônica com excelente potencial para o cultivo por apresentar bom crescimento, hábito gregário, resistência a baixos níveis de oxigênio dissolvido e excelente no aproveitamento de alimentos (LIMA et al., 2025) O tambaqui representa a espécie comercial mais importante da Amazônia, sendo a segunda espécie mais cultivada pela aquicultura brasileira, principalmente pela sua elevada taxa de crescimento e baixos custos quando comparado às demais espécies produzidas (TAVARES-DIAS, M.; MARIANO, W. S., 2015).

Figura 1 - Exemplar de tambaqui, *Colossoma macropomum*



Fonte: Próprio autor

O tambaqui (*Colossoma macropomum*) pode atingir comprimentos superiores a 60 cm antes de sua maturidade sexual, conforme observado em estudos populacionais na Amazônia (VILLACORTA-CORREA et al., 1999). Em cativeiro, estudos recentes indicam que os machos podem apresentar maturação já com cerca de 590 dias e as fêmeas por volta de 710 dias (JÚLIO, 2024). Parâmetros genéticos de crescimento estimados para peso e comprimento demonstram que a espécie mantém elevado potencial produtivo em sistemas manejados (SILVA et al., 2023).

A crescente expansão no cultivo de tambaqui nas diferentes regiões do Brasil é atribuída ao seu excelente potencial para produção intensiva, fácil obtenção de juvenis, elevado potencial de crescimento, alta produtividade, resistência a baixos níveis de oxigênio dissolvido e boa conversão alimentar.

A resistência à ambientes hipóxicos (concentração de oxigênio abaixo de 0,5 mg O₂ L⁻¹) da espécie, ocorre devido a uma adaptação morfo-anatômica, onde o lábio inferior se desenvolve, apresentando hiperplasia, com a função de captar mais água para as brânquias, assim captando mais oxigênio (SAINT-PAUL, 1986; ALMEIDA-VAL, 1995). Em relação ao seu comportamento alimentar, apresenta variação entre zooplancófago para onívoro, com tendências a frugívoro (HONDA, 1974; ARAÚJO-LIMA, 2005). Já em ambiente de cultivo, o tambaqui apresenta aceitação por ração comercial, elaborada a partir de grãos e co-produtos agroindustriais (ARAÚJO-LIMA, 2005). Segundo Almeida et al. (1994) a rusticidade do tambaqui pode ser explicada pela capacidade de adaptação do seu sistema enzimático do trato gastrointestinal de acordo com o perfil e qualidade do alimento ingerido.

A criação de tambaqui (*Colossoma macropomum*) em sistemas intensivos têm apresentado resultados consistentes nos últimos anos, especialmente em viveiros escavados. Trabalhos recentes demonstram bom desempenho zootécnico e viabilidade econômica, inclusive com linhagens geneticamente melhoradas, quando manejadas com rações comerciais adequadas e densidades moderadas de estocagem (SILVA et al., 2020). Na região Norte, a piscicultura em viveiros escavados continua se destacando como uma das principais formas de produção, com índices produtivos competitivos e crescente profissionalização dos sistemas (GARCEZ et al., 2023). Além disso, alternativas de cultivo têm sido avaliadas, como tanques circulares com renovação contínua de água, que apresentam crescimento satisfatório e conversão alimentar

eficiente, reforçando a adaptabilidade da espécie a diferentes condições de criação (RODRIGUES et al., 2023).

Dados a respeito das necessidades nutricionais de espécies de peixes nativos brasileiros são ainda escassos e dietas para cultivo destas espécies são elaboradas a partir de informações disponíveis publicadas para outras espécies de peixes. Por este motivo, o tambaqui, que possui uma grande demanda de consumo no Brasil, carece do desenvolvimento de uma dieta apropriada às suas necessidades nutricionais. Estes teleósteos são apreciados tanto na alimentação como na pesca esportiva (MARTINO et al., 2002).

2.1.2 Lipídios na nutrição de peixes

Os lipídios representam um dos principais nutrientes na formulação de dietas para peixes, desempenhando papel essencial como fonte de energia metabolizável e como fornecedores de ácidos graxos indispensáveis ao desenvolvimento e funcionamento fisiológico dos organismos aquáticos. Além de contribuírem para a geração de ATP, são fundamentais para o transporte e absorção de vitaminas lipossolúveis.

Na aquicultura, diferentes fontes lipídicas de origem vegetal e animal são utilizadas. A composição em ácidos graxos varia amplamente entre essas fontes: óleos vegetais tendem a apresentar maior proporção de ácidos graxos insaturados, enquanto os óleos de origem animal contêm níveis mais elevados de ácidos graxos saturados e ácidos graxos de cadeia longa, como o ácido eicosapentaenoico (EPA) e docosahexaenoico (DHA), fundamentais para diversas funções fisiológicas (GLENCROSS, 2024).

Os ácidos graxos constituem a maior parte dos lipídios, sendo classificados conforme sua estrutura em saturados ou insaturados, além da extensão da cadeia carbônica, que pode ser curta, média ou longa. Os ácidos graxos de cadeia longa, particularmente aqueles das famílias n-3 e n-6, têm papel relevante na estrutura de membranas, na fluidez celular e na sinalização biológica (FERREIRA, 2018)

Peixes utilizam de forma eficiente a energia derivada de proteínas e lipídios, sendo que a oxidação lipídica pode fornecer até o dobro de energia em comparação com carboidratos, tornando essa classe de nutrientes particularmente vantajosa em dietas aquícolas. Além disso, os

lipídios servem como reserva energética importante, especialmente no tecido muscular, metabolizados principalmente via β -oxidação. (ROQUES, et al., 2022).

No contexto fisiológico, os lipídios participam de praticamente todos os processos vitais, contribuindo para funções renais, branquiais, neurológicas, reprodutivas e imunológicas. Processos como resposta inflamatória, imunomodulação e integridade celular são particularmente dependentes de ácidos graxos essenciais (OLIVEIRA et al., 2020). A composição lipídica da dieta influencia diretamente os fosfolipídios de membrana e, consequentemente, a fluidez e funcionalidade das células.

Os efeitos imunomoduladores dos ácidos graxos na dieta têm grande relevância para a sanidade aquícola. Estudos recentes confirmam que diferentes tipos e proporções de ácidos graxos podem estimular ou suprimir componentes da imunidade inata e adaptativa. Esses efeitos são atribuídos, em grande parte, à modulação da síntese de eicosanóides como prostaglandinas, tromboxanos e leucotrienos derivados principalmente do ácido araquidônico (ARA), EPA e DHA, todos com funções importantes na resposta inflamatória e na homeostase fisiológica (OLIVEIRA et al., 2020).

Alterações na dieta ricas em ácidos graxos poliinsaturados (PUFA) das séries n-3 e n-6 promovem diferentes respostas imunológicas, dependendo da espécie e do estágio de desenvolvimento. Em espécies marinhas, mudanças no fornecimento de PUFA podem alterar a expressão de citocinas e moduladores inflamatórios (FERREIRA, 2018). Em peixes de água doce, há evidências de que a suplementação com ácido α -linolênico (LNA) e outros PUFA pode melhorar componentes da imunidade não específica, além da atividade fagocitária (AN, 2023).

Peixes de água doce possuem vantagem metabólica ao serem capazes de converter ácidos graxos essenciais de 18 carbonos, como ácido linoleico (LA) e ácido α -linolênico (LNA), em HUFA de cadeia longa (ARA, EPA e DHA) por meio de dessaturação e alongação. Essa capacidade reforça a importância de fornecer fontes adequadas de precursores na dieta (AN, 2023).

2.1.3 Óleos vegetais na nutrição de peixes

A utilização de compostos bioativos e fontes lipídicas de origem vegetal, os óleos vegetais (OV) na nutrição de peixes tem ganhado atenção crescente, frente à busca por fontes alternativas sustentáveis de ácidos graxos essenciais. Óleos vegetais como soja, palma, coco, linhaça, girassol, entre outros, têm sido estudados em rações com intuito de substituir ou reduzir o uso de óleo de peixe (OP), mantendo ou melhorando o desempenho zootécnico, composição corporal e saúde dos animais. Essa temática abordada é de suma importância no Brasil, dada a grande disponibilidade de matérias-primas vegetais e o potencial para reduzir custos de produção e aumentar a sustentabilidade na piscicultura.

A indústria de farinha e OP tradicionalmente utiliza pequenas espécies de pelágicas e subprodutos do processamento de pescado destinado ao consumo humano, embora esses ingredientes tenham sido fundamentais no desenvolvimento da aquicultura, o cenário atual aponta limitações quanto à sua disponibilidade e a sustentabilidade do uso excessivo desse insumo.

Nos últimos anos cresceu a preocupação de que a oferta de óleo de peixe não consiga acompanhar o crescimento e a demanda das fábricas de rações aquícolas, especialmente diante a essa escassez e da instabilidade dos estoques pesqueiros. A consequência disso é o aumento dos preços e a redução do acesso a esse insumo por produtores de menor escala. Estudos reforçam que a produção global de óleo de peixe permaneceu praticamente inalterada na última década, estabilizando-se entre 1 e 1,2 milhão de toneladas anuais, mesmo com a expansão acelerada da aquicultura (TACON et al., 2008).

Diante desse cenário, os óleos vegetais têm sido amplamente investigados como alternativas viáveis ao óleo de peixe. Além disso, diversos óleos vegetais apresentam perfis de ácidos graxos capazes de atender parcialmente às exigências nutricionais das espécies cultivadas. Pesquisas recentes têm confirmado que óleos como coco, palma, linhaça, canola e soja podem substituir parcial ou totalmente o óleo de peixe sem comprometer o desempenho zootécnico, composição corporal ou saúde dos peixes, incluindo espécies amazônicas como o tambaqui (*Colossoma macropomum*) (GLENCROSS et al., 2020).

Apesar dos OV apresentarem baixa concentração de ácidos graxos altamente insaturados de cadeia longa (HUFA), os peixes de água doce possuem uma capacidade metabólica para

converter precursores como ácido linoleico (18:2 n-6, LA) e o ácido linolênico (18:3 n-3, LNA) em HUFA, incluindo EPA, DHA e ARA. Essa conversão ocorre por meio de reações sequenciais de dessaturação e alongação, processo já bem descrito em teleósteos.

2.1.4 Buriti (*Mauritia flexuosa* L.)

O buriti (*Mauritia flexuosa* L.) é uma palmeira que pertence à família Palmae ou Arecaceae, pode ser encontrado no Brasil nos estados do Pará, Amazonas, Maranhão, Piauí, Bahia, Ceará, Goiás, São Paulo e Tocantins. Essa palmeira prefere áreas alagadas, igapós, beira de igarapés e rios, sendo visivelmente encontrada em grandes concentrações. Conforme a região, a mesma planta recebe diferentes nomes populares. O buriti, por exemplo, é também conhecido como miriti, muriti, palmeira-do-brejo, moriche, carangucha e aguaje (SANTOS et al., 2017).

A palmeira de buriti pode chegar entre 35 a 40 m de altura e possui caule de 13 a 55 cm de diâmetro. (Figura 2) Cada buritizeiro adulto possui de oito a 20 folhas, que podem ter até 3,0 m de comprimento. A folha é composta pela capemba (bainha), talo (pecíolo) e palha (limbo foliar).

O buritizeiro pode ser macho ou fêmea. Os machos produzem cachos com flores alaranjadas, mas não produzem frutos. As fêmeas também produzem cachos com flores alaranjadas, que se desenvolvem para a produção de frutos. As flores das fêmeas são fertilizadas pela polinização principalmente das abelhas (SAMPAIO e CARRAZZA, 2012).

Figura 2. Buriti (*Mauritia Flexuosa* L.)



Fonte: (JESS, J, 2020)

Cada buritizeiro fêmea pode produzir entre um e 10 cachos com frutos maduros em uma safra, com média de quatro cachos, e cada um pode ter entre 450 e 2.000 frutos. O fruto tem forma elíptica a oval, envolta por um pericarpo (ou casca) composto por escamas triangulares castanho-avermelhadas (Figura 2). O mesocarpo (polpa ou massa) é fino, alaranjado, carnoso e oleoso, sendo este variando entre 2,0 a 5,0 cm de diâmetro, e 15 a 75 g cada. O tempo de desenvolvimento, desde o surgimento do cacho, até o amadurecimento dos frutos dura mais de um ano. (SAMPAIO e CARRAZZA, 2012).

Esse fruto também oferece elevado valor nutricional quando comparado com outras frutas. Segundo Amaya, (2007), a polpa de buriti possui teores de vitaminas do complexo B equivalente ou superior a de outras frutas como abacate, banana e goiaba. É 20 vezes mais rica em vitamina A do que a cenoura. Já Manhães e Sabaa-Srur, (2010) relataram que o fruto apresenta teores de alguns minerais em quantidades importantes, como cálcio, ferro e selênio. O buriti é muito importante, pois dele tudo se aproveita, desde as folhas (ou palhas) até a raiz. É por isso que recebeu a denominação “árvore da vida” (SAMPAIO e CARRAZZA, 2012).

Da polpa obtém-se matéria-prima para preparação de sorvetes, sucos, doce, picolé e óleo (MELO, 2002). Da semente, botões, artesanato, semi-jóias e para produção de álcool combustível. Das folhas, cordas, cestas, cintos, bolsas, chapéus, sandálias, cobertura de casas e redes. Pecíol, fornece material leve e macio utilizado em artesanato. Estipe, construção de pontes, por causa de sua propriedade flutuante. Raíz: remédios caseiros. Ainda é consumido por muitas espécies de animais silvestres. Além de ser muito utilizado para ornamentar quintais e jardins (CYMERYS et al., 2005).

2.1.5 Óleo de Buriti (*Mauritia flexuosa* L.)

O óleo de buriti (*Mauritia flexuosa* L.) é um subproduto obtido do buriti por meio de extração mecânica ou por solvente, é caracterizado por apresentar coloração avermelhada, que se deve ao elevado teor de carotenóides, em especial betacaroteno de 72,3 - 75,2% (RIBEIRO, 2008) onde a função biológica mais fundamentada é a atividade de precursor de vitamina A (ALBUQUERQUE et al., 2005). Possui expressiva quantidade de vitamina E na forma de tocoferol (57% β -tocoferol e 37,5% de α -tocoferol), conforme relatos de Darnet et al., 2011.

O óleo de buriti contém em sua composição elevado teores de ácidos graxos monoinsaturados, destacando-se o ácido oleico em média de 73%. Os óleos monoinsaturados possuem a propriedade de reduzir o nível de colesterol LDL no sangue. E apresenta em média 3% de ácido linoléico e 2% de ácido linolênico (MANHÃES 2007)

Tabela 1. Composição de ácidos graxos (%) do óleo de buriti com dados da literatura

Referências Regiões do Brasil	OLIVEIRA et al. Cerrado, Maranhão	RODRIGUES et al. Amazônia, Pará	CÂNDIDO E SILVA Cerrado, Goiás	FREITAS et.al Amazônia, Pará
ÁCIDOS GRAXOS	TEOR (%)	TEOR (%)	TEOR (%)	TEOR (%)
Saturados (AGS)	21,13	22	21,68	21,37
C12:0 (Láurico)	0,06	0,1	0,05	0,06
C14:0 (Mirístico)	0,04	0,1	0,15	0,11
C15:0 (Pentadecanoico)	ND*	ND	0,05	0,06
C16:0 (Palmítico)	18,68	18,75	18,85	17,35
C17:0 (Margárico)	0,06	0,05	0,17	0,09
C18:0 (Esteárico)	2,2	1,35	2,1	3,32
C20:0 (Araquídico)	0,09	1,65	0,16	0,2
C22:0 (Behênico)	ND	ND	0,06	0,07
C24:0 (Lignocérico)	ND	ND	0,09	0,11
Monoinsaturados (AGMI)	75,72	75,75	73,03	70,34
C16:1 (Palmitoleico)	0,29	0,25	0,27	0,24
C17:1 (Heptadecenoico)	ND	ND	ND	0,07
C18:1 (cis9, Oleico), w9	72,02	75,5	72,21	69,58
C18:1 (trans9, Elaidico)	2,82	ND	ND	ND
C20:1 (Gadoleico), w9	0,59	ND	0,55	0,45
Poliinsaturados (AGPI)	3,12	2,16	5,29	8,29
C18:2 (Linoleico), w6	1,79	2,15	3,17	7,31
C18:3 (Linolênico), w3	1,33	0,01	2,12	0,98

Fonte: Próprio autor

O buriti é rico em antioxidantes, e muito atrativo para a indústria de cosméticos, principalmente para a fabricação de protetor solar, devido a sua capacidade de absorver radiações na faixa de luz visível e ultravioleta (ZANATTA et al., 2010). Segundo Silveira et al., (2005) o óleo também possui atividade antimicrobiana.

O óleo de buriti é um óleo comestível que possui características organolépticas de aroma e sabor agradáveis. Tem aplicações na indústria de alimentos como, por exemplo, corante natural de massas alimentícias, margarinas e queijos, além de ser empregado para fritura de alimentos (FERREIRA, 2018).

Atualmente, a população extrai o óleo de forma artesanal a partir da imersão dos frutos em água e aquecimento, sem fervura, por quatro a cinco horas, até o amolecimento da polpa. A polpa raspada é aquecida em água até a separação do óleo, que é recolhido, uma forma menos agressiva para extrair o óleo de buriti seria a extração à frio que é realizada por prensagem dos frutos ou grãos sem casca em prensas hidráulicas seguida do refino, esse processo é comum na indústria de alimentos para os óleos consumidos pela população em geral tais como o de soja, o

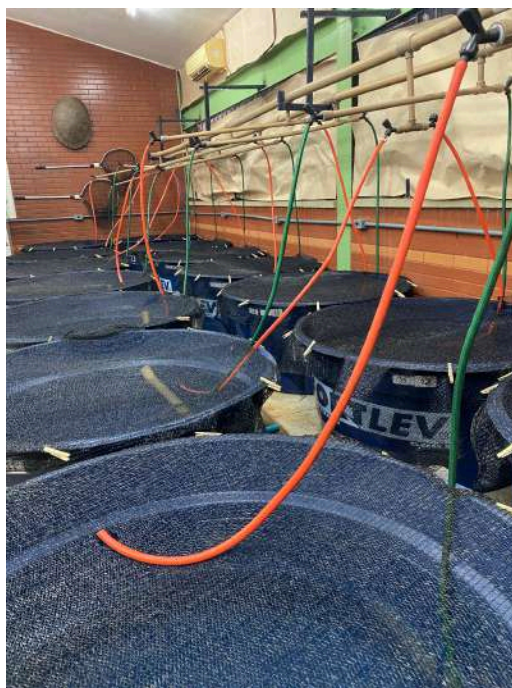
óleo de canola, o óleo de milho, entre outros. Nestes processos não se utilizam altas temperaturas o que certamente diminui o grau de oxidação do óleo, possibilitando portanto maior vida de prateleira e maior tempo de conservação deste produto. Pode também ser extraído através de prensas contínuas ou por solvente (VIEIRA et al, 2006).

O óleo de buriti se apresenta como uma fonte de óleo a ser explorado pela indústria alimentícia, já apresenta semelhanças quanto às suas propriedades nutricionais com outros óleos considerados de elevado valor nutricional e mercadológico (oliva, algodão, canola). Entretanto o óleo do buriti (*Mauritia flexuosa L.*) ainda é muito pouco explorado cientificamente, principalmente no que se refere ao uso deste na alimentação animal. Devido às suas características físico-químicas anteriormente abordadas sugere um grande potencial nutricional e terapêutico atribuído ao óleo do buriti abrindo perspectivas no sentido de utilizá-lo como ingrediente nas rações. No entanto, há escassez de estudos que atestem a real atividade do óleo de buriti (*Mauritia flexuosa L.*).

2.2 Metodologia:

Foram utilizados 128 juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) com peso médio total inicial de $62,72 \pm 4,11$ g e comprimento total médio inicial de $15,25 \pm 0,60$ cm. E final $97,01 \pm 4,18$ g e $16,48 \pm 0,25$ cm. Os animais foram adquiridos em piscicultura comercial da região de Almas (Tocantins) e então transportados ao laboratório de produção de organismos aquáticos do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Tocantins – IFTO (*Campus Palmas*), para realização da biometria inicial, recuperação do estresse do transporte e aclimação às condições laboratoriais. Durante o período experimental os animais foram mantidos em um sistema de recirculação de água fechado, dotado de filtro e aeração forçada, sendo o fotoperíodo ajustado para 12h de luz. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 4 tratamentos (níveis de inclusão) sendo respectivamente, 1,75%, 3,0%, 5,50% e 8,0% e 4 repetições (caixas). Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e de regressão polinomial. Os parâmetros que apresentaram diferenças significativas tiveram suas médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Os dados foram analisados pelo programa estatístico SISVAR®.

Figura 3 - Laboratório de produção de organismos aquáticos - IFTO (*Campus Palmas*)



Fonte: Próprio autor

Os procedimentos experimentais foram protocolados no Comitê de Ética Animal do IFTO registrada com o número de protocolo no Sistema Integrado Eletrônico (SEI), sob número de processo 23236.006542/2024-11. Foram fornecidas aos animais quatro dietas isoproteicas (36% proteína bruta), com 4 diferentes níveis de inclusão do óleo de buriti (1,75%, 3,0%, 5,50% e 8,0%). As dietas foram fabricadas no Laboratório de produção de organismos aquáticos e tiveram como referência o fornecimento de 3900 Kcal kg⁻¹. Os ingredientes foram moídos e peneirados ($\varnothing=0,7 \pm 0,2$ mm), uniformemente homogeneizados, misturados ao óleo e então peletizadas. As rações permaneceram acondicionadas em sacos plásticos resfriadas (4 °C).

Figura 4. Produção das rações experimentais



Fonte: Próprio autor.

As rações experimentais e sua composição químico-bromatológica foram encaminhadas para laboratório de análises bromatológicas.

Tabela 2. Composição centesimal das rações com diferentes níveis de óleo de buriti (*Mauritia flexuosa* L.) para juvenis de tambaqui (*C. macropomum*)

Ingredientes	E. B Kcal kg ⁻¹			
	4000	4100	4200	4300
Farelo de soja	74,50	77,50	73,00	75,50
Farelo de trigo	8,00	6,00	7,80	5,00
Quirera de arroz	5,00	4,00	4,00	2,50
Milho	2,00	4,00	3,00	3,00
Óleo de buriti	1,75	3,00	5,50	8,00
Fosfato bicálcico	1,65	1,65	1,65	1,65
Calcário Calcítico	0,97	0,97	0,97	0,97
Premix	1,00	1,00	1,00	1,00
Sal	0,40	0,40	0,40	0,40
Amido	3,75	2,50	3,60	2,90
BHT	0,04	0,04	0,04	0,04
Inerte	0,00	0,00	0,00	0,00
Soma	100,75	100,56	100,96	100,96
Matéria Seca	91,5	91,2	91,4	91,3
Proteína Bruta %	35,6	35,8	35,8	35,9
Kcal / kg	4000	4100	4200	4300
Fibra Bruta	5,4	5,3	5,2	5,6
Extrato Etéreo	9,5	9,8	10,4	12,2

Fonte: Próprio autor

*Commercial mineral e vitamin premix (5 kg/ton), with guaranteed levels to the gram scale: Vit. A, 1.200.000 UI; Vit. D3, 200.000 UI; Vit k3, 2.400 mg; Vit B3. 4.800 mg; Vit B2 , 4.800 mg, Vit B6, 4.000 mg, Vit B12, 4.800 mg,. Pholic acid, 1.200 mg; pantotenato Ca 12.000mg; Vit. C, 48.000 mg; biotina, 48 mg; colina choret , 108.000 mg; niacina, 24.000 mg; and commercial mineral premix (1 kg/ton), with guaranteed levels Fe, 50.000 mg; Cu, 3.000 mg; 20.000 mg; Mn, 20.000 mg; Zn, 3.000 mg; I, 100 mg; Co, 10 mg; Se, 100 mg.

Temperatura e oxigênio dissolvido e pH da água foram monitorados diariamente com medidor portátil (Oxímetro SL 520® microprocessado, Brasil). A amônia foi mensurada semanalmente (Método de Nesller). Os peixes foram alimentados duas vezes ao dia (8:00 e 17:00 h), até a aparente saciação. Ao final do período experimental (32 dias), os peixes permaneceram em jejum por 12 horas para esvaziamento do sistema digestório. E foram realizadas biometrias (inicial e final), coleta do sistema digestório dos animais que foram previamente insensibilizados em solução de benzocaína (1:10.000).

Para avaliar o desempenho serão determinados, consumo estimado (CE), taxa de sobrevivência (TS), ganho de peso total (GPT), Fator de conversão alimentar (FCA), taxa de crescimento específica (TCE), taxa de eficiência proteica (TEP), índice hepato-somático (IHS) e índice digestivo-somático (IDS) conforme as seguintes equações:

Fórmulas:

1. $TS (\%) = (\text{Número de indivíduos final} / \text{Número de indivíduos inicial}) \times 100$
2. $GPT = \text{Peso final} - \text{Peso inicial}$
3. $FCA = \text{Consumo total} / \text{Ganho de peso}$
4. $TCE (\%d^{-1}) = [(\text{Peso final} - \text{Peso inicial}) / \text{tempo}] \times 100$
5. $TEP = (\text{Ganho de peso} / \text{Ingestão total de proteína}) \times 100$
6. $IHS (\%) = (\text{Peso do fígado} / \text{Peso corporal}) \times 100$
7. $IDS (\%) = (\text{Peso sistema digestivo} / \text{Peso corporal}) \times 100$

2.3 Resultados e Discussão

2.3.1 Qualidade da água

Os resultados para qualidade de água durante o período experimental, estiveram dentro do recomendado para piscicultura (BALDISSEROTO, 2002; ARANA, 2004), demonstrando não ter ocorrido influência dos tratamentos. Os resultados encontram-se na tabela 3.

Tabela 3 - Valores dos parâmetros de qualidade da água, média e desvio padrão durante o período experimental

Parâmetros	Valores
pH	7,44 ± 0,21
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	4,26 ± 0,22
Amônia (ppm)	0,14 ± 0,05
Temperatura (°C)	26,76 ± 0,38

2.3.2 Desempenho zootécnico

A tabela 4 apresenta os valores obtidos na análise de variância (ANOVA), para os tratamentos e as diferentes fontes de variação do experimento. Ela compila os quadrados médios, as médias gerais e o coeficiente de variação de cada parâmetro analisado, essa avaliação possibilita uma visualização de como os dados se comportaram dentro do estudo.

Tabela 4 - Quadrados médios e médias gerais dos tratamentos obtidos na ANOVA

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios						
		CE	CA	GP	TCE	TEP	IHS	IDS
Tratamento	3	7,69	1,03	147,91	1444,98	1141,52	0,04	0,07
Resíduo	12	5,44	0,19	28,92	282,31	223,03	0,01	0,14
Média geral		16,19	2,16	34,30	107,19	95,28	0,90	4,31
CV(%)		14,42	19,91	15,68	15,68	15,67	9,93	8,84

Grau de liberdade (GL), Taxa de sobrevivência (TS), Consumo estimado (CE), Ganho de peso (GP), Conversão alimentar (CA), Taxa de crescimento específico (TCE), Taxa de eficiência proteica (TEP), Índice hepato-somático

(IHS), Índice digestivo-somático (IDS), Coeficiente de variação (CV). Valores são apresentados como média $\pm$ desvio padrão. NS = não significativo ($P>0,05$).

As dietas contendo diferentes níveis de inclusão de óleo de buriti apresentaram resultados de desempenho que estão descritos na tabela 5. Após o período experimental, observou-se boa condição corporal e sobrevivência de 100%. Diferenças significativas ($P<0,05$) foram observadas nos parâmetros de ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA), Taxa de crescimento específico (TCE), taxa de eficiência proteica (TEP), índice hepatossomático (IHS). Embora não tenha sido observada diferença significativa para o índice digestivo-somático (IDS) entre os tratamentos, a análise de regressão revelou uma tendência linear positiva no comportamento desse parâmetro, indicando que sua variação respondeu de forma proporcional aos níveis de inclusão do óleo na dieta.

Tabela 5 - Desempenho do (*C. macropomum*) alimentados com diferentes níveis de óleo de buriti (*Mauritia flexuosa* L.) por 32 dias

Parâmetros	E.B Kcal kg ⁻¹				CV%
	4000	4100	4200	4300	
TS (%)	100	100	100	100	
CE (g)	15,72 $\pm$ 1,76	18,13 $\pm$ 1,32	14,87 $\pm$ 2,79	16,02 $\pm$ 3,03	14,42
GP (g)	24,78 $\pm$ 2,74b	34,84 $\pm$ 7,35ba	35,15 $\pm$ 5,80a	40,99 $\pm$ 3,84a	15,58
CA	2,6 $\pm$ 0,44a	2,56 $\pm$ 0,30a	1,97 $\pm$ 0,52ba	1,53 $\pm$ 0,43b	19,91
TCE	81,95 $\pm$ 11,42b	108,86 $\pm$ 22,95ba	109,84 $\pm$ 18,11ba	128 $\pm$ 12,00a	15,68
TEP	72,85 $\pm$ 10,14b	96,76 $\pm$ 20,41ba	97,63 $\pm$ 16,10ba	113,86 $\pm$ 10,67a	15,67
IHS	1,00 $\pm$ 0,10b	0,96 $\pm$ 0,07ba	0,85 $\pm$ 0,13ba	0,79 $\pm$ 0,04b	9,93
IDS	4,22 $\pm$ 0,29	4,48 $\pm$ 0,28	4,21 $\pm$ 0,53	4,33 $\pm$ 0,37	8,84

Valores de média $\pm$ Desvio Padrão. Letras diferentes na mesma linha significam diferenças estatísticas entre si pelo teste Tukey ($P<0.05$). (CV) - Coeficiente de variação; (TS) - Taxa de sobrevivência; (GP) - Ganho de peso; (CA) - Conversão alimentar; (TEP) - Taxa de eficiência proteica; (TCE) - Taxa de crescimento específico; (IHS) - Índice hepato-somático; (IDS) - Índice digestivo-somático.

Analisando o parâmetro de ganho de peso (GP), a partir dos resultados da tabela 5, a dieta com 4000 kcal apresentou o menor ganho de peso, diferindo significativamente das dietas 4200 e 4300 kcal. Já o nível de 4100 kcal mostrou-se estatisticamente semelhante aos níveis superiores, sugerindo que o desempenho tende a estabilizar a partir desse aporte energético.

Quando comparado com a literatura, esses resultados se mostram bastante favoráveis. Pereira et al. (2018), testaram dietas com óleo de milho, óleo de linhaça e óleo de peixe em juvenis de tambaqui, e relataram nenhuma diferença significativa no ganho de peso entre os tratamentos, o que sugere que as fontes vegetais avaliadas não comprometeram o crescimento, mas também não levaram a aumentos expressivos além da dieta padrão.

Da mesma forma, Rocha et al. (2018) investigou a inclusão de óleo de pequi em dietas de juvenis de *C. macropomum* e encontraram nenhum efeito sobre o ganho de peso, reforçando a ideia de que nem todas as fontes lipídicas vegetais promovem aumento de massa corporal. Ferreira, J. B. (2018), mostrou em seu trabalho que teve como objetivo estudar a utilização de óleo de linhaça, óleo de soja, óleo de girassol, óleo de coco e óleo de arenque (óleo de peixe), avaliando o desempenho e composição muscular do *C. macropomum* e não resultou em grandes diferenças no ganho de peso.

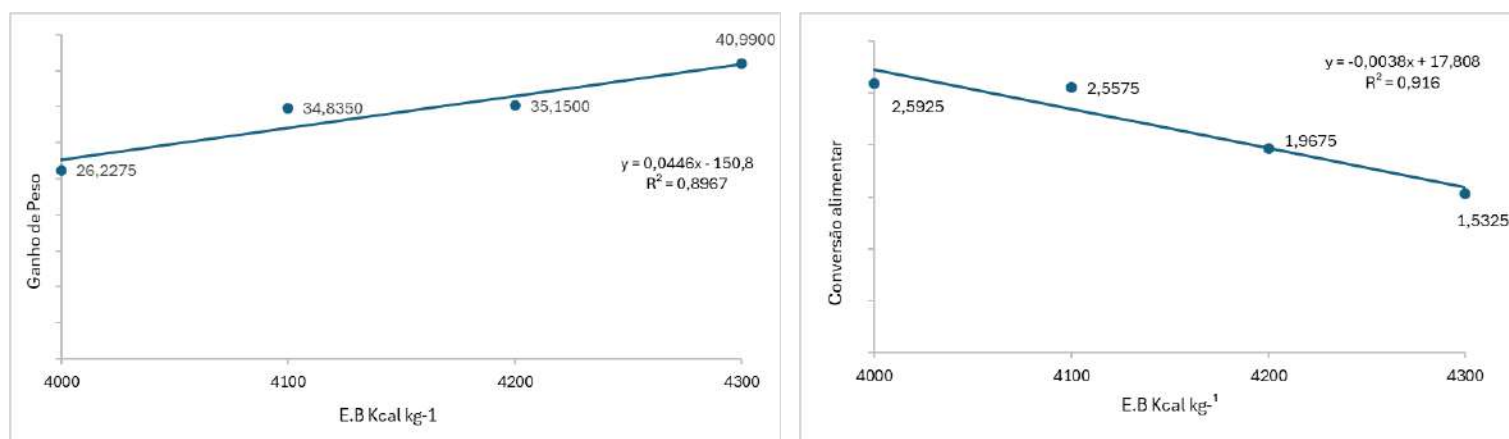
Neste experimento, a observação do aumento do ganho de peso pode ser indicado com base no metabolismo de lipídios em *C. macropomum*, que após a emulsificação pela bile e hidrólise pelas lipases pancreáticas, os ácidos graxos liberados são prontamente absorvidos pelos enterócitos, re-esterificados em triglicerídeos e transportados por lipoproteínas para tecidos como fígado e musculatura. Nesses órgãos, os lipídios são direcionados principalmente para a β -oxidação, fornecendo grandes quantidades de ATP e reduzindo a necessidade de utilização de aminoácidos como fonte energética. Essa economia proteica favorece maior deposição de proteína corporal e, conseqüentemente, maior crescimento. Assim, a elevação da densidade energética da dieta provavelmente intensificou a disponibilidade de ácidos graxos para oxidação e armazenamento, o que se refletiu no maior GP.

Esse padrão contrasta com estudos como Pereira et al. (2018), Rocha et al. (2018) e Ferreira (2018), nos quais diferentes óleos vegetais não alteraram o ganho de peso, indicando que, mais do que a fonte lipídica, o fluxo metabólico de energia proveniente dos lipídios quando elevado desempenha papel essencial na resposta de crescimento do tambaqui.

Em relação a conversão alimentar (CA), observou-se na tabela 5 que a CA melhorou com o aumento da densidade energética, sendo o nível de 4300 kcal, diferente estatisticamente, ocorrendo uma diminuição conforme o aumento da densidade energética da ração, indicando maior eficiência no uso dos nutrientes conforme o nível de inclusão do óleo aumentou, efeito semelhante encontrado por Pereira et al. (2018) que observou a substituição parcial do óleo de

peixe utilizando óleos vegetais, e teve como resultado a melhor CA observada com a utilização de 6% de inclusão do óleo de soja (CA - 1,35). Esses resultados são corroborados pela análise de regressão, disponíveis na figura 5, que evidenciou tendência linear no ganho de peso conforme o aumento da densidade energética e consequentemente, uma diminuição na conversão alimentar, o que confirma os contrastes observados nas comparações de médias.

Figura 5. Equação de regressão para os níveis de inclusão do óleo de buriti (*Mauritia flexuosa* L.) em juvenis de (*C. macropomum*) para os parâmetros de ganho de peso e conversão alimentar



Ferreira J, B. (2018), relatou em seu experimento conversão alimentar entre 1,3 e 1,8 quando fontes de óleos vegetais são utilizadas na dieta para (*C. macropomum*), números semelhantes evidenciados neste experimento. Os resultados encontrados reforçam que o aumento da densidade energética proporcionou melhor aproveitamento da dieta sem prejudicar o animal, mantendo a CA dentro dos registros observados em estudos contendo óleos vegetais para peixes, além do que a densidade calórica da dieta influencia diretamente no consumo de ração e balanço energético.

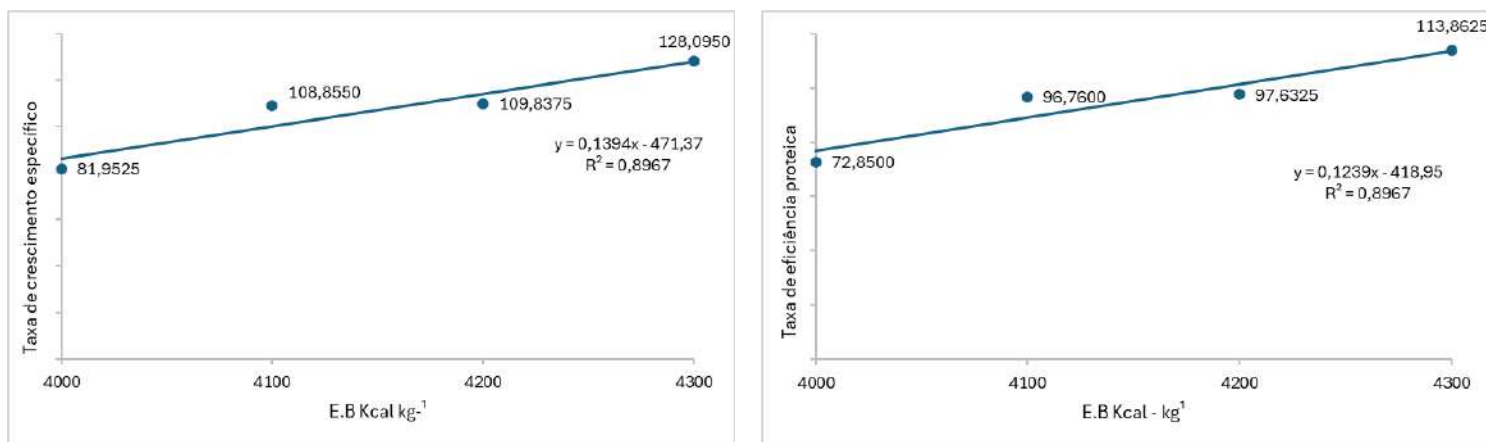
A taxa de crescimento específico (TCE) observada com a utilização do óleo de buriti apresentou um aumento progressivo conforme a elevação da energia. Esse resultado demonstra que a maior disponibilidade de energia digestível favoreceu o crescimento relativo diário dos peixes e maior eficiência pelo uso dos lipídios como fonte energética, para poupar proteína, acontecimento conhecido na literatura como o efeito poupador de proteína (WELENGANE, E. et al. 2019). Couto et al. 2022, observaram que diferentes níveis de óleo de coco na dieta e não foram causados reduções significativas nas taxas de crescimento específicos. Os valores obtidos

da TCE no presente trabalho indicam que os peixes responderam positivamente ao maior nível de inclusão energética (4300 kcal), demonstrando capacidade de utilizar lipídios como principal fonte de energia para o crescimento. Infere-se então, que dietas com maior densidade energética favorecem maior deposição de gordura no tecido e melhor desempenho relativo em juvenis de tambaqui alimentados com óleos vegetais (COUTO et al., 2022).

A taxa de eficiência proteica (TEP) representa a eficiência do animal em transformar proteína em massa corporal. Os resultados da apresentados na tabela 5, mostraram melhora conforme o aumento da densidade energética das dietas, indicando que a energia proveniente do lipídio favorece um uso mais eficiente da proteína para deposição tecidual. Esse comportamento está de acordo com o conceito de efeito poupador de proteína, no qual fontes de energia não proteica (como lipídios vegetais) reduzem a oxidação de aminoácidos para fins energéticos, direcionando-os para síntese proteica. Estudos com diferentes espécies de peixes corroboram essa resposta ao uso de óleos vegetais.

Em juvenis de *Oreochromis niloticus*, Larbi et al. (2019) observaram que a substituição parcial do óleo de peixe por óleo de palma aumentou a TEP, indicando alta capacidade digestiva para lipídios vegetais e maior retenção nitrogenada. Resultados semelhantes foram descritos por Francis, Makkar e Becker (2001) ao utilizarem óleos vegetais ricos em ácidos graxos insaturados na alimentação de carpas, demonstrando que a adição de energia lipídica preserva o uso da proteína para crescimento. Em Bagre do canal (*Ictalurus punctatus*), Zhou et al. (2011) verificaram aumento significativo da TEP mediante a inclusão de óleo de linhaça, reforçando a importância dos ácidos graxos essenciais de origem vegetal para o metabolismo proteico. No contexto de espécies nativas sul-americanas, estudos com juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) demonstraram que dietas contendo óleo de linhaça ou óleo de girassol aumentam a eficiência proteica, sobretudo quando associados a níveis adequados de energia digestível (SEGURA et al., 2001; MEDEIROS A.C.L et al., 2017). Além disso, a análise de regressão confirmou esse comportamento, ao apontar tendência linear crescente da TEP e TCE onde, os índices apresentaram melhora conforme o aumento da densidade energética das dietas como ilustrado na figura 6. Esses resultados nos sugerem que o desempenho zootécnico e o aproveitamento proteico respondem positivamente à elevação da energia na dieta, corroborando as diferenças observadas nas comparações de médias, reforçando a relação entre maior densidade energética, crescimento e melhor utilização dos nutrientes.

Figura 6. Equação de regressão para os níveis de inclusão do óleo de buriti (*Mauritia flexuosa* L.) em juvenis de (*C. macropomum*) para os índices de taxa de crescimento específico (TCE) e taxa de eficiência protéica (TEP)



O Índice Hepatosomático (IHS) é usado frequentemente como indicador da reserva energética no fígado, dado que o fígado é um órgão importante para armazenar glicogênio e lipídios. No caso do tambaqui, estudos anteriores já mostraram que diferentes regimes alimentares ou taxas de alimentação podem influenciar este índice, como demonstrado por Meireles & Sousa (2020), onde observaram que taxas maiores de ração aumentaram o IHS em juvenis de tambaqui, o que sugere maior acúmulo hepático de gordura ou glicogênio em peixes mais bem alimentados. Por outro lado, em situações de restrição seguidas de realimentação, Alho (2015) relatou que o IHS aumentou no período de realimentação, indicando que os peixes mobilizam suas reservas hepáticas durante a privação e as reconstróem quando a alimentação é restaurada.

No presente experimento, o IHS não variou significativamente entre os tratamentos. Isso pode indicar que, mesmo com a elevação da densidade energética da dieta, os peixes não acumularam reservas hepáticas excessivas ou seja, a energia extra fornecida não foi direcionada para um acúmulo patológico no fígado, mas provavelmente favoreceu depósito de tecido ou lipídios em outros locais, muscular ou sob a pele visualizados na figura 7. Além disso, de acordo com Graciano et al. (2022), quando peixes são alimentados com ingredientes energéticos vegetais, variações no IHS podem refletir ajustes metabólicos nas reservas de energia, sem necessariamente indicar dano hepático. Esse comportamento é desejável, um IHS estável, mesmo

com dietas mais densas, sugere que a densidade energética extra está sendo utilizada eficientemente, sem sobrecarregar o fígado. Embora, para o teste de médias, não tenha indicado diferenças significativas entre as médias do IHS e IDS, a análise de regressão revela comportamentos distintos. Para IDS apresenta um aumento significativo, sugerindo uma resposta gradual do trato digestório, mas o IHS mostra tendência de queda, indicando que a maior densidade energética não promoveu acúmulo hepático.

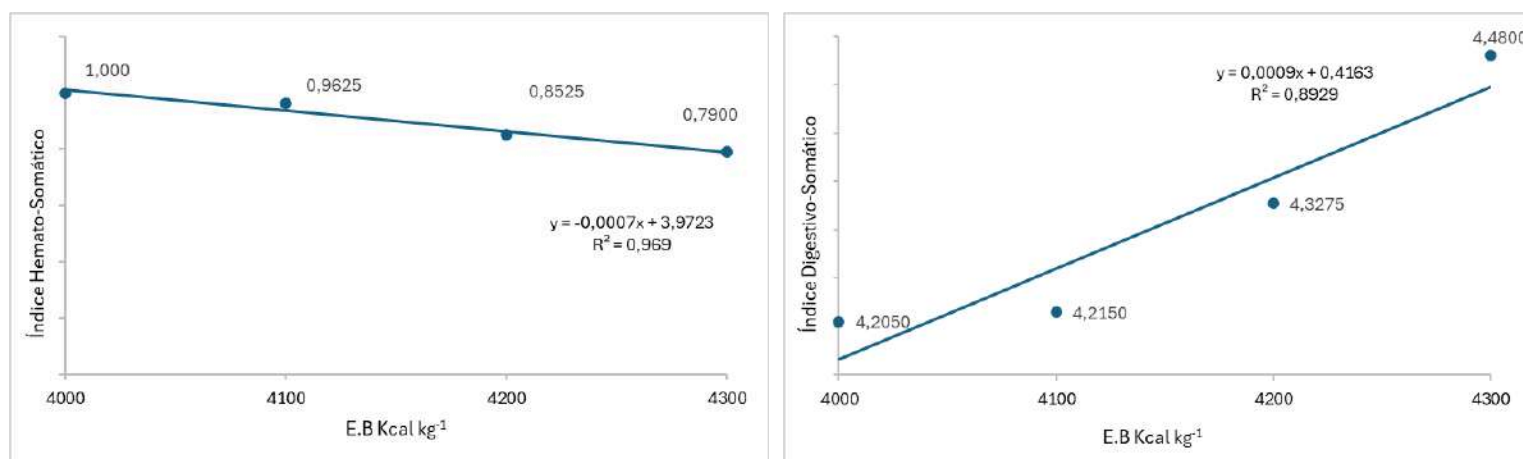
Figura 7. Evidência visual do acúmulo de gordura visceral em (*C. macropomum*) demonstrando maior deposição lipídica ao redor dos órgãos internos conforme o nível energético da dieta



Fonte: Próprio autor.

A evidência visual apresentada na Figura 7 sugere uma possível maior deposição de gordura visceral em *Colossoma macropomum* à medida que se elevam os níveis energéticos da dieta. No entanto, essa observação possui caráter meramente descritivo e hipotético, uma vez que não foram realizadas análises quantitativas, histológicas ou bioquímicas que permitissem confirmar e estabelecer uma relação causal entre o nível energético das dietas e o acúmulo de gordura visceral observado. Dessa forma, a interpretação baseia-se exclusivamente na avaliação visual, não sendo possível afirmar que o acúmulo lipídico seja decorrente diretamente da dieta fornecida.

Figura 8. Equação de regressão para os níveis de inclusão do óleo de buriti (*Mauritia flexuosa* L.) em juvenis de (*C. macropomum*) para os índice hepato-somático e índice digestivo somático



O Índice Digestivo Somático (IDS) dos tambaquis juvenis não apresentou diferença significativa entre os tratamentos quando analisado por comparação direta das médias, mantendo valores muito próximos mesmo com o aumento da densidade energética das dietas. Esse comportamento sugere que a inclusão crescente de energia digestível, decorrente da elevação do teor lipídico, não exerceu impacto direto sobre o desenvolvimento relativo do trato gastrointestinal. Resultados semelhantes são amplamente relatados na literatura (SANDRE et al., 2017; LEIGH et al., 2018), indicando que, em peixes onívoros como *C. macropomum*, o IDS possui baixa sensibilidade a variações energéticas quando as dietas são isoproteicas, visto que o crescimento dos órgãos digestivos é mais influenciado pela ingestão de proteína e fibra do que pela densidade energética.

Entretanto, ao considerar o comportamento dos dados no modelo de regressão, observou-se aumento linear, sugerindo uma tendência funcional do IDS ao longo do gradiente energético (Figura 8). Esse efeito ocorre porque a regressão avalia o padrão continuado e direcional das respostas, sendo capaz de detectar pequenas variações lineares ou quadráticas que não são suficientemente grandes para separar as médias dos tratamentos, mas que ainda representam um ajuste fisiológico sutil aos níveis energéticos. Assim, embora a comparação entre tratamentos analisado a partir das médias indique estabilidade do IDS, a análise de regressão revela que existe uma tendência leve e biologicamente plausível de modulação do trato

digestório diante do aumento da energia, ainda que sem magnitude suficiente para resultar em diferenças expressivas entre os grupos.

Efeitos parecidos são descritos em outras espécies alimentadas com óleos vegetais. Em tilápias-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com óleo de soja, Larbi et al. (2019), relatam que o IDS permaneceu estável mesmo quando os níveis lipídicos variaram de forma ampla, sugerindo que a capacidade digestiva não é alterada estruturalmente pela elevação da energia dietética. Estudos com pacus (*Piaractus mesopotamicus*) suplementados com óleos vegetais (girassol, linhaça, palma) mostram alta digestibilidade aparente dos lipídios e respostas semelhantes às obtidas neste trabalho, reforçando que o trato digestivo de peixes onívoros mantém proporcionalidade mesmo diante de variações genéticas (RIBEIRO, P. A. P.; et al. 2013).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste estudo, demonstram que o óleo de buriti (*Mauritia flexuosa* L.) apresenta elevado potencial, como fonte lipídica alternativa para juvenis de tambaqui (*C. macropomum*). A inclusão desse insumo promoveu melhorias no desempenho zootécnico. Os resultados observados reforçam que a espécie responde de forma eficiente à inclusão dessa fonte de gordura, especialmente no que se diz respeito ao metabolismo lipídico e às adaptações do trato digestório. Assim, o óleo de buriti se apresenta como uma alternativa à substituição ao óleo de peixe, contribuindo nutricionalmente e ampliando o conhecimento sobre as fontes lipídicas vegetais aplicadas à alimentação de peixes nativos. No entanto, faz-se necessário o desenvolvimento de novos estudos que aprofundem os efeitos desse ingrediente em maiores níveis de inclusão do óleo e fases de cultivo. Para determinar a aplicabilidade prática desse ingrediente recomenda-se que estudos futuros avaliem a viabilidade econômica do uso do óleo de buriti na alimentação de peixes, considerando custos de aquisição, processamento e disponibilidade regional.

REFERÊNCIAS:

- ABDEL-AZIZ, M. F. A. et al. Effects of replacement of dietary fish oil with plant oil on growth and survival of fish. *Brazilian Journal of Biology*, v. 84, 2024.
- ALBUQUERQUE, M. L. S. C., et al. Characterization of Buriti (*Mauritia flexuosa* L.) Oil by Absorption and Emission Spectroscopies. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 16, n. 6A, pag. 1113-1117, 2005.
- ALHO, B. G. Crescimento compensatório e metabolismo energético do tambaqui (*Colossoma macropomum*) submetido a períodos de restrição alimentar. universidade federal do Rio Grande v.1 38p. 2015.
- ALMEIDA, S.P. & SILVA, J.A. Pequi e buriti: importância alimentar para a população dos Cerrados. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1994, 38p. 1994
- AMAYA, E., Davis, D. A., & Rouse, D. B. (2007). Alternative diets for the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 262(2–4), 419–425. doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.11.001
- AN W. et. al, Effects of dietary n-3 LC-PUFA levels on the growth, immunity, and lipid metabolism of freshwater carnivorous teleost largemouth bass (*Micropterus salmoides*) juveniles. 2023.
- ARANA, L.V. Princípios químicos da qualidade de água em aquicultura: uma revisão para peixes e camarões. 2ed. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2004, 231p.
- ARAÚJO-LIMA, C.A., GOULDING, M. Os frutos do tambaqui: Ecologia, Conservação e cultivo na Amazônia. Sociedade Civil Mamirauá, 186p., 2005.
- BALDISSEROTO, B. Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2002, 212p.
- CÂNDIDO, T. L. N.; Silva, M. R. Comparison of the physicochemical profiles of buriti from the Brazilian Cerrado and the Amazon region. *Food Science and Technology* 2017, 37, 78.
- COUTO, M. V. S. et al. Benefits of Virgin Coconut Oil in Diet to *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818). *Aquaculture Nutrition*, 2022, DOI: 10.1155/2022/4387692
- CYMERYS, M.; et al. Buriti – *Mauritia flexuosa* L. F. In: SHANLEY, P.; MEDINA, G. (Ed.). Frutíferas e plantas úteis na vida amazônica. Belém: CIFOR: Imazon, 2005. p. 181-187.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). Report of the FAO-Fisheries and Aquaculture Report No. 949: On-farm feeding and feed management in aquaculture. Rome: FAO, 2025. Disponível em: <https://www.fao.org/4/i1915e/i1915e00.pdf>.
- FAO. 2024. The State of World Fisheries and Aquaculture 2024 – Blue Transformation in Action. Rome: FAO. 264 p.

- FERREIRA, J. B. Desempenho de tambaqui submetido a diferentes fontes de ácidos graxos poli-insaturados. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciências Pesqueiras nos Trópicos) Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2018.
- FRANCIS, G.; MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Aquaculture*, v. 199, p. 197–227, 2001.
- FREITAS, M. L. F.; Chisté, R. C.; Polachini, T. C.; Sardella, L. A. C. Z.; Aranha, C. P. M.; Ribeiro, A.P. B.; Nicoletti, V. R. Quality characteristics and thermal behavior of buriti (*Mauritia flexuosa* L.) oil. *Grasas Aceites* 68, e220. 2017.
- GARCEZ, J. R. et al. Efeito da restrição alimentar no crescimento do Tambaqui (*Colossoma macropomum*, Cuvier 1818) em sistema semi-intensivo *Recima* 21, v. 4, n. 8, p. 1–15, 2023.
- GLENCROSS, B. D. et al. A feed is still only as good as its ingredients: An update on the nutritional research strategies for the optimal evaluation of ingredients for aquaculture feeds. *Aquaculture*, v. 516, p. 734–744, 2020.
- GLENCROSS, B. D. The Evolution of Sustainability Metrics for the Marine Ingredients of Fish Oil and Fishmeal. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 2024. DOI: 10.1080/23308249.2024.2337426.
- GLENCROSS, Brett D.; BACHIS, Enrico; BETANCOR, Monica B.; CALDER, Philip; LILAND, Nina Sylvia; NEWTON, Richard; RUYTER, Bente. Omega-3 Futures in Aquaculture: Exploring the Supply and Demands for Long-Chain Omega-3 Essential Fatty Acids by Aquaculture Species. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, v. (online), 2024. DOI: 10.1080/23308249.2024.2388563.
- GRACIANO, D. de S.; SUSUMU TAKAHASHI, L.; CARLI, G. C. Metabólitos sanguíneos e relações somáticas de juvenis de tambaqui alimentados com diferentes ingredientes energéticos de origem vegetal. UNESP, 2022.
- HUGHES, A. D.; TWIGG, G. C.; MSUYA, F. E.; PADMAKUMAR, K. P.; TOCHER, D. R. The use of macroalgae in feeds for finfish aquaculture. *Frontiers in Aquaculture*, v. 4, 2025. DOI: 10.3389/faq.2025.1570842.
- IBGE. Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM) 2023: produção de peixes estimada em 655,3 mil toneladas e valor de R\$ 6,7 bilhões. Rio de Janeiro: IBGE, 2023, p. 11. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/biblioteca/visualizacao/periodicos/84/ppm_2023_v51_br_informativo.pdf.
- JESS, J. Caixa colonial club. Buriti, um tesouro do Cerrado brasileiro. Caixa Colonial Club, [s.d.]. Disponível em: <https://caixacolonial.club/blog/buriti-um-tesouro-do-cerrado-brasileiro-3839/>. Acesso em: 20/11/2025
- JÚLIO, G. S. da C. Crescimento, primeira maturação, hematologia, bioquímica sanguínea e reprodução do tambaqui (*Colossoma macropomum*) em sistema de recirculação de água. 2024.

Tese (Doutorado em Zootecnia) — Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2024.

LALL, S.P. Nutrition and health of fish. In: Avances em Nutricion Acuicola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutricion Acuicola, pp. 19-22. Noviembre, Merida, Yucatan, Mexico. 2000.

LARBI A. C. J; WU J.W et al., Substituição do óleo de peixe por óleo de palma: efeitos no desempenho de crescimento, resposta imune inata, capacidade antioxidante e resistência a doenças em tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) DOI.org/10.1371/journal.pone.0196100; 2019.

LEIGH, S. C.; et al. The effects of protein and fiber content on gut structure and function in zebrafish (*Danio rerio*). *Journal of Comparative Physiology B*, 2018.

LIMA C.A.S. et al. Zootechnical and growth performance of tambaqui (*Colossoma macropomum*) under different productive models of intensification. *Brazilian Journal of Biology*, v. 85, 2025. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.293898>

LIMA, L.A., Silva, A.M.A., Bezerra, L.R., Araujo, M.J., Oliveira, R.L., Silva, T.P.D., Pereira, E.S., 2018. Effects of the buriti (*Mauritia flexuosa* L.) oil supplementation on crossbred lactating goats: behavioral, physiological, and hematological responses. *Rev. Bras. Zootec.* 47, 1–8.

MAJLUF, P.; MATTHEWS, K.; PAULY, D.; SKERRITT, D.; PALOMARES, M. L. de. A review of the global use of fish-meal and fish oil and the Fish-In:Fish-Out metric. *Science Advances*, v. 10, n. 28, 2024. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11482318/>.

MANHÃES, L. R. T. Caracterização da polpa de buriti: um potente alimento funcional. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2007.

MANHÃES, L. R. T., & Sabaa-Srur, A. U. O. (2011). Centesimal composition and bioactive compounds in fruits of buriti collected in Pará. *Ciência E Tecnologia De Alimentos*, 31(4), 856–863. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612011000400005>

MARTINO, R.C., CYRINO, J.E.P., PORTZ, L., TRUGO, L.C. Performance and fatty acid composition of surubim (*Pseudoplatistoma coruscans*) fed diets with animal and plant lipids. *Aquaculture*, v.209, p.233-246, 2002.

MEDEIROS A.C.L et al. Growth performance and chemical composition of pacus (*Piaractus mesopotamicus*) fed with vegetable oil sources and alpha-lipoic ACID, DOI:10.20950/1678-2305.2017.74.84; 2017.

MEIRELES, M. de A.; SOUSA, R. G. Costa. Efeito de taxas de arraçoamento sobre os índices hepatossomático e de gordura visceral do tambaqui no cultivo semi-intensivo. *Scientia Amazonia*, v. 9, n. 1, p. CA54-CA63, 2020.

- MELO, J.F.B. et al. Desenvolvimento e composição corporal de alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*) alimentados com dietas contendo diferentes fontes de lipídios. *Ciência Rural*, v.32, n.2, p.323-327, 2002.
- NASOPOULOU, C. & ZABETAKIS, I. Benefits of fish oil replacement by plant originated oils in compounded fish feeds. A review, v.47, p.217-224, 2012.
- NAYLOR, R.L.; GOLDBURG, R.J.; PRIMAVERA, J.; KAUTSKY, N.; BEVERIDGE, M.C.M.; CLAY, J. et al. Effects of aquaculture on world food supplies. *Nature*, v.405, p.1017-1024, 2000;
- OLIVEIRA, R. M. M.; PEREIRA, F. T.; PEREIRA, E. C.; MENDONÇA, C. J. S. Óleo de Buriti: índice de qualidade nutricional e efeito antioxidante e antidiabético. *Revista Virtual de Química*, v. 12, n. 1, p. 000-000, 2020.
- PEIXE BR. Anuário Peixe BR da Piscicultura – Edição 2025. São Paulo: Associação Brasileira da Piscicultura, 2025. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario-peixe-br-da-piscicultura-2025/.pdf>.
- PEREIRA, R. T.; PAULINO, R.R, et al. Oil sources administered to tambaqui (*Colossoma macropomum*): growth, body composition and effect of masking organoleptic properties and fasting on diet preference. *ScienceDirect*, 2018.
- RIBEIRO, P. A. P. et al. Parâmetros metabólicos de pacus alimentados com dietas contendo diferentes óleos. *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 39, n. 1, p. 33-41, 2013.
- RIBEIRO, P. A. P., et al. Efeito do uso de óleo na dieta sobre a lipogênese e o perfil lipídico de tilápias-do-Nilo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, n.8, pag. 1331-1337, 2008.
- ROCHA, A. A.; NAVARRO, R. D., et al. Performance and physiological response of juvenile tambaqui fed diets containing pequi oil. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v. 45, e58707, 2023.
- ROQUES S. et al., Metabolomics and fish nutrition: a review in the context of sustainable feed development. *Aquaculture Research*, v. 53, p. 1234–1250, 2022.
- RODRIGUES, A. M. da C.; Darnet, S.; Silva, L. H.M. da. Fatty acid profiles and tocopherol contents of buriti (*Mauritia flexuosa*), patawa (*Oenocarpus bataua*), tucuma (*Astrocaryum vulgare*), mari (*Poraqueiba paraensis*) and inaja (*Maximiliana maripa*) fruits. *Journal of the Brazilian Chemical Society* 2010, 21, 2010.
- RODRIGUES, A. P. O. et al. Crescimento do tambaqui em sistema de renovação contínua de água em tanques circulares. *Embrapa Pesca e Aquicultura*, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 29, 2023.
- SAINT-PAUL, U. Potential for aquaculture of South America fresh water fishes: a review. *Aquaculture*, v.54, p. 205-240, 1986.

SAMPAIO, M. B., & CARRAZZA, L. R. (2012). Manual tecnológico de aproveitamento integral do fruto e da folha do buriti (*Mauritia flexuosa*). Brasília – DF: Instituto Sociedade, População e Natureza.

SANDRE, L. C. G. et al. Productive performance and digestibility in the initial phase of tambaqui (*Colossoma macropomum*) fed diets with different levels of carbohydrates and lipids., 2017.

SANTOS, M. F. G., et al. Quality Characteristics of fruits and oils os palms native to the Brazilian Amazon. Revista Brasileira de Fruticultura, v.39, 2017.

SARMIENTO, P. et al. Impact of Alternative Feed Ingredients and Feeding Strategies in Aquaculture. Animals, v. 15, n. 13, 2025. DOI: 10.3390/ani15131913.

SEGURA, J.G. et al. RELAÇÃO 18:3n3/18:2n6 SOBRE A DIGESTIBILIDADE DE ÁCIDOS GRAXOS EM PACU (*Piaractus mesopotamicus*). USP. 2016.

SILVA, A. C. C. et al. Performance and economic viability of tambaqui, *Colossoma macropomum*, selectively bred for weight gain. Acta Amazônica, v. 50, n. 2, p. 158–166, 2020. DOI: doi.org/10.1590/1809-4392201901992

SILVA, G. F.; SHIOTSUKI, L.; DIAS, L. T.; TEIXEIRA, R. A. Estimativa de parâmetros genéticos para ganho de peso e comprimento em tambaqui (*Colossoma macropomum*). Brazilian Journal of Biology, v. 83, 2023.

SILVA, J. A. M.; OLIVEIRA, A. C.; FONSECA, F. A. Digestibilidade aparente dos nutrientes energia de ração suplementada com enzimas digestivas exógenas para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818). Acta Amazonica, v. 37, n. 1, p. 21–28, 2007.

SILVA, Thyssia Bomfim Araújo. Fontes de lipídios dietéticos e desempenho imunológico do pacu (*Piaractus mesopotamicus*). São Paulo: Escola superior de Agricultura Luiz de Queiroz (USP), 2011. 83p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens). Universidade de São Paulo, 2011.

SILVEIRA, C. S., et al. Atividade antimicrobiana dos frutos de *Syagrus oleracea* e *Mauritia vinifera*. Revista Brasileira de Farmacognosia, v.15, n.2, pag.143-148, 2005.

TACON, A.G.J. & METIAN, M., Global overview on the of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: trends and future prospects. Aquaculture, v.285, p.146-158, 2008;

TACON, Albert GJ et al. Use of fishery resources as feed inputs to aquaculture development: trends and policy implications. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2006.

TAVARES-DIAS, M.; MARIANO, W. S. *Aquicultura no Brasil: Novas Perspectivas*. Vol. 1. São Carlos: Pedro & João Editores, 2015. ISBN 978-85-7993-271-7.

TURCHINI, G.M.; TORSTENSEN, B.E.; NG, W. Fish oil replacement in finfish nutrition. *Reviews in Aquaculture*. v.1, p.10-57, 2009;

VIEIRA, I., et al. Bioaccessibility of marine carotenoids. *Marine Drugs*, v. 16, n.391, 2018.

VILLACORTA-CORREA, M. A.; SAINT-PAUL, U. Structural indexes and sexual maturity of tambaqui (*Colossoma macropomum*) in Central Amazon, Brazil. *Revista Brasileira de Biologia*, v. 64, n. 4, p. 661-668, 1999.

WELENGANE, E. et al. Protein-sparing effect by dietary lipid increase in juveniles of the hybrid tambatinga (♀*Colossoma macropomum* × ♂*Piaractus brachypomus*). *Journal of the World Aquaculture Society*, v. 50, n. 3, p. 604–616, 2019.

WORM, B.; BARBIER, E.B.; BEAUMONT, N.; DUFFY, J.E., FOLKE, C.; HALPERN, B.S et al. Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science*, v.3, p.787-790, 2006;

WU, Y.; RASHIDPOUR, A.; METÓN, I. Bayesian Meta-Analysis: Impacts of Eating Habits and Habitats on Omega-3 Long-Chain Polyunsaturated Fatty Acid Composition and Growth in Cultured Fish. *Animals*, v. 14, n. 14, p. 2118, 2024. DOI: 10.3390/ani14142118

XU, Dan; XIANG, Xiaojun; LI, Xueshan; XU, Ning; ZHANG, Wencong; MAI, Kangsen; AI, Qinghui. Effects of dietary vegetable oils replacing fish oil on fatty acid composition, lipid metabolism and inflammatory response in adipose tissue of large yellow croaker (*Larimichthys crocea*). *Journal of Marine Science and Engineering*, v. 10, n. 11, p. 1760, 2022.

YILDIZ, M.; KÖSE, I.; ISSA, G.; KAHRAMAN, T. Effect of different plant oils on growth performance, fatty acid composition and flesh quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Research*, v.46, p.2885-2896, 2014;

ZANATTA, C. F., et al. Photoprotective potential of emulsions formulated of buriti oil (*Mauritia flexuosa*) against UV irradiation on keratinocytes and fibroblasts cell lines. *Food and Chemical Toxicology*, v.48, 2010.

ZHOU, Q.-C. et al. Evaluation of soybean oil and linseed oil as alternative lipid sources in diets for channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Aquaculture Nutrition*, v. 17, p. 129–137, 2011.