



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E
RECURSOS PESQUEIROS – PPGCARP**

**RAÇÃO AMAZÔNICA PARA TAMBAQUI: UMA TECNOLOGIA SOCIAL PARA
AQUICULTURA FAMILIAR**

FRANCISCO DE MATOS DANTAS

MANAUS - AM

2023

FRANCISCO DE MATOS DANTAS

RAÇÃO AMAZÔNICA PARA TAMBAQUI: UMA TECNOLOGIA SOCIAL PARA
AQUICULTURA FAMILIAR

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Amazonas, para obtenção do Título de Mestre em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros.

Área de Concentração: Produção Animal

Linha de Pesquisa: Nutrição e Produção de Monogástricos e Ruminantes

Orientadora: Ligia Uribe Gonçalves, Dra.

Co-orientadora: Driely Kathriny Monteiro dos Santos, Dra.

Financiamento: Programa de Apoio ao Desenvolvimento de Cadeias Produtivas no Estado do Amazonas – 010/2022-PDCA/AM - FAPEAM

MANAUS - AM
2023

Ficha Catalográfica

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

D192r Dantas, Francisco de Matos
Ração amazônica para tabaqui: uma tecnologia social para
aquicultura familiar / Francisco de Matos Dantas . 2023
40 f.: il. color; 31 cm.

Orientadora: Ligia Uribe Gonçalves
Coorientadora: Driely Kathriny Monteiro dos Santos
Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Recursos
Pesqueiros) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Colossoma macropomum. 2. Hermetia illucens. 3. ingredientes
alternativos. 4. ingredientes locais. I. Gonçalves, Ligia Uribe. II.
Universidade Federal do Amazonas III. Título

FRANCISCO DE MATOS DANTAS

RAÇÃO AMAZÔNICA PARA TAMBAQUI: UMA TECNOLOGIA SOCIAL PARA AQUICULTURA FAMILIAR

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros, área de concentração em Produção Animal.

Aprovado em 30 de agosto de 2023.

BANCA EXAMINADORA



Documento assinado digitalmente
LIGIA URIBE GONCALVES
Data: 30/08/2023 12:58:24-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Ligia Uribe Gonçalves - Presidente
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia



Documento assinado digitalmente
PAULO ADELINO DE MEDEIROS
Data: 31/08/2023 10:09:12-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Paulo Adelino de Medeiros - Membro
Instituto Federal do Amazonas



Documento assinado digitalmente
JESAIAS ISMAEL DA COSTA
Data: 30/08/2023 16:08:48-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Jesaias Ismael da Costa - Membro
Universidade Nilton Lins

AGRADECIMENTOS

À Deus, que me concede a vida que me acompanha e me guia todos os dias.

À Universidade Federal do Amazonas, pela oportunidade em cursar o mestrado no Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA por permitir executar a pesquisa em suas instalações.

Ao Programa de Desenvolvimento da Pós-Graduação (PDPG-FAPEAM/CAPES) pela bolsa de mestrado concedida.

Ao Programa de Apoio ao Desenvolvimento de Cadeias Produtivas no Estado do Amazonas – 010/2022-PDCA/AM – FAPEAM, pelo financiamento da pesquisa.

À minha orientadora, Dra. Ligia Uribe Gonçalves, de quem tenho grande admiração, agradeço imensamente pela confiança, incentivo e ensinamentos no dia a dia.

À minha Co-orientadora, Dra. Driely Kathriny Monteiro dos Santos, pela amizade, parceria e valiosas contribuições em toda etapa do mestrado.

Aos meus amigos do Projeto GIGAS, Thiago Macedo, Cláudia Maíza, André Nobre, Ana Beatriz Sena, Larissa Salgado, Jéssica Barbosa, Armando Gomes, Andressa, Ana Laura, Giovana e Yasmin Moreira. Minha eterna gratidão.

Ao professor Dr. Flávio Augusto Leão da Fonseca, pela execução, ensinamentos e contribuições nas análises estatísticas.

Aos funcionários e prestadores de serviço do INPA, D. Suzana e D. Fatinha pelo apoio na execução do experimento.

Ao Wesley Santos pelo registro fotográfico na finalização do experimento.

Aos meus pais, Sueli e Pedro com muito amor e carinho.

Aos meus irmãos Edilson, Railson e Suelen por estarem comigo sempre.

Aos meus tios e tias que sempre me apoiaram nesta caminhada.

Com muito amor!

RESUMO

O Amazonas possui as cadeias produtivas da mandioca e da pesca bem estabelecidas e, seus resíduos podem ser aproveitados como ingredientes para rações. Além desses resíduos, no Amazonas, é possível criar e utilizar larvas da mosca soldado negra (black soldier fly, BSF, *Hermetia illucens*) como ingrediente proteico. Este trabalho avaliou o potencial de dietas para tambaquis, *Collossoma macropomum*, utilizando ingredientes amazônicos. Foram formuladas dietas contendo subprodutos da mandioca: crueira, raspa e parte aérea, como fonte de amido, fibra e energia, em proporções iguais na dieta. Como ingredientes proteicos foram utilizados a farinha de peixe (FP) e a farinha desengordurada de BSF. Foram formuladas cinco dietas contendo diferentes níveis crescentes de substituição de FP por BSF (0%, 25%, 50%, 75% e 100%). Uma dieta com formulação convencional (FC) foi utilizada como controle. Juvenis de tambaqui ($24,61 \pm 1,14$ g) foram alojados em 24 tanques (150 L; n=4; 20 peixes/tanque) em um sistema de recirculação de água. Os tambaquis foram alimentados 4 vezes ao dia até saciedade aparente durante 60 dias. No final do experimento, todos os peixes foram pesados e foi feita a coleta de sangue de 3 peixes/tanque para análises hematológicas. Foram eutanasiados 3 peixes/tanque para obtenção dos índices biométricos e composição centesimal do peixe inteiro. Os dados paramétricos foram comparados por análise de variância unifatorial e, quando significativa, pelo teste de Dunn, sendo cada tratamento comparado individualmente com o tratamento controle (formulação comercial, FC). Os dados não paramétricos foram analisados pelo teste de Kruskal-Wallis e teste de contraste de médias de Dwass-Steel-Critchlow-Fligner (DSCF). Os dados dos tratamentos 0 a 100BSF foram submetidos a análise de regressão. Não foi observada rejeição das dietas e nem mortalidade durante o período experimental. Peixes alimentados com dietas contendo subprodutos da mandioca apresentaram conversão alimentar aparente (CAA=1,76) e taxa de eficiência proteica (TEP=2,02%) similares, independentemente do nível de substituição da FP por BSF. Porém, esses valores foram piores aos observados pelo grupo de peixes alimentados com a dieta controle FC (CAA=1,33, TEP=2,67%). Não foram observadas diferenças na composição centesimal do corpo inteiro e nos índices biométricos. Os peixes alimentados com as dietas formuladas com BSF apresentaram níveis de colesterol similares, porém inferiores aos peixes alimentados com 100% de FP (0 BSF), provavelmente, devido a quitina presente na BSF. Os filés dos peixes alimentados com ração amazônica apresentaram maior índice de amarelecimento, os quais podem estar relacionados aos carotenoides presentes na folha de mandioca. A utilização da farinha desengordurada de BSF e subprodutos da cadeia produtiva da mandioca podem promover a sustentabilidade da aquicultura amazônica, porém são necessários mais estudos para aprimorar a formulação da ração amazônica para proporcionar melhores índices produtivos na criação do tambaqui.

Palavras-chave: *Collossoma macropomum*, *Hermetia illucens*, ingredientes alternativos, ingredientes locais.

ABSTRACT

The cassava and fishing chains are well-established in Amazonas State, and its residues can be used as feed ingredients. In addition to these residues, in the Amazon, it is possible to raise and use larvae of the black soldier fly (BSF, *Hermetia illucens*) as a protein ingredient. This study evaluated the potential of diets for tambaquis, *Colossoma macropomum*, using Amazonian ingredients. Diets were formulated containing cassava by-products: crueira, leaves and shoots, as a source of starch, fiber and energy, in equal proportions in each diet. Fish meal (FM) and defatted BSF meal (BSF) were used as protein ingredients. Five diets containing different increasing levels of FM replacement by BSF (0%, 25%, 50%, 75% and 100%) were formulated. A conventionally formulated diet (CD) was used as a control. Tambaqui juveniles (24.61 ± 1.14 g) were housed in 24 tanks (150 L; n=4; 20 fish/tank) in a water recirculation system. Tambaquis were fed 4 times a day until apparent satiation for 60 days. At the end of the experiment, all fish were weighed and blood was collected from 3 fish/tank for hematological analysis. Three fish/tank were euthanized to obtain biometric indices and centesimal composition of the whole body fish. Parametric data were compared by one-way analysis of variance and, when significant, by Dunn's test, with each treatment compared individually with the control treatment (commercial diet, CD). Non-parametric data were analyzed using the Kruskal-Wallis test and the Dwass-Steel-Critchlow-Fligner (DSCF) mean contrast test. Data from treatments 0 to 100BSF were submitted to regression analysis. No refusal of pellets or mortality was observed during the experimental period. Fish fed diets containing cassava by-products showed similar apparent feed conversion (FCR=1.76) and protein efficiency rate (PER=2.02%), regardless of the level of replacement of FM by BSF. However, these values were lower than those observed by the group of fish fed the CD (FCR=1.33, PER=2.67%). No differences were observed in the centesimal composition of the whole body composition and in the biometric indices. Fish fed diets formulated with BSF had similar cholesterol levels, however worse than fish fed 100% FM (OBSF), probably due to the chitin present in BSF. Fish fillets fed with Amazonian feed showed a higher rate of yellowing, which may be related to the carotenoids present in the cassava leaf. The use of defatted BSF meal and by-products from the cassava production chain can promote the sustainability of Amazonian aquaculture, however further studies are needed to improve the formulation of the Amazonian feed to provide better production rates in tambaqui farming.

Key words: alternative ingredients, *Colossoma macropomum*, *Hermetia illucens*, local feedstuffs

SUMÁRIO

1. Introdução	12
2. Objetivos	14
2.1. Geral	14
2.2. Específicos	14
3. Material e Métodos	15
3.1. Preparação dos ingredientes	15
3.2. Dietas	16
3.3. Experimento de alimentação	19
3.4. Índices biométricos	21
3.5. Análises hematológicas	21
3.6. Avaliação da coloração do filé	22
3.7. Análise estatística	22
4. Resultados	23
5. Discussão	28
6. Conclusão	33
7. Agradecimentos	33
8. Financiamento	33
9. Referências	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição centesimal, energia e aminoácidos dos ingredientes utilizados na elaboração das dietas experimentais.	17
Tabela 2. Formulação e composição nutricional das dietas experimentais.	18
Tabela 3. Desempenho zootécnico de tambaquis alimentados com as dietas experimentais durante 60 dias.	24
Tabela 4. Composição centesimal do corpo inteiro de tambaquis alimentados com as dietas experimentais durante 60 dias.	25
Tabela 5. Índices biométricos de tambaquis alimentados com as dietas experimentais durante 60 dias.	25
Tabela 6. Parâmetros hematológicos de tambaquis alimentados com as dietas experimentais durante 60 dias.	26
Tabela 7. Parâmetros plasmáticos de tambaquis alimentados com dietas experimentais durante 60 dias.	26
Tabela 8. Perfil lipídico do sangue de tambaquis alimentados com as dietas experimentais durante 60 dias.	27
Tabela 9. Parâmetros imunológicos (Leucócitos e Trombócitos) de tambaquis alimentados com as dietas experimentais durante 60 dias.	27

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Processamento dos subprodutos da mandioca para produção de farinha	16
Figura 2. Representação gráfica da composição de aminoácidos das dietas experimentais. A: Aminoácidos essenciais (% MS); B: Aminoácidos não essenciais (% MS).....	19
Figura 3. Coloração do filé de tambaquis (L) Luminosidade, (a^*) vermelhidão e (b^*) Amarelecimento alimentados com as dietas experimentais durante 60 dias	28

1. INTRODUÇÃO

A piscicultura é uma atividade mundialmente importante devido à alta demanda por pescado, contribuindo para a segurança alimentar e conservação dos recursos naturais (FAO, 2020). A piscicultura amazonense é composta em 97,17% por pequenos empreendimentos de até 5 hectares, tendo o tambaqui, *Colossoma macropomum*, como espécie predominante (Lima et al., 2020; Peixe BR, 2020). O tambaqui é a espécie nativa mais criada no Brasil, devido sua adaptação ao ambiente de criação, capacidade em utilizar o plâncton como fonte de alimento e facilidade em aceitar dietas formuladas, que resultam em seu rápido crescimento (Buddington e Hilton, 1987; Rust, 2002; Arantes e Freitas, 2016; Costa et al., 2023).

A piscicultura faz parte do Plano Regional de Desenvolvimento da Amazônia – PRDA 2020 – 2023 (SUDAM, 2023), porém, o tambaqui da piscicultura amazonense possui menor competitividade em preço quando comparado com o tambaqui produzido em outros estados da região norte. Um dos principais motivos é o alto custo de produção do tambaqui no Amazonas devido, especialmente, as matérias-primas e rações provenientes de outros estados que chegam para os amazonenses com valores exorbitantes (Passos, 2013; Lima et al., 2020). O Estado do Amazonas não possui tradição no cultivo de monocultura de grãos, como soja, milho, trigo, comumente utilizados em rações para peixes. O solo do Amazonas é ácido e pobre em nutrientes e, quando não corrigido esses fatores, é incompatível com as culturas tradicionais de produção. A floresta amazônica, no entanto, é adaptada à estas condições, devido sua manutenção nutricional ocorrer por meio da ciclagem de nutrientes (Ferreira et al., 2006; Andrade, 2015).

No entanto, o Amazonas possui cadeias produtivas regionais geradoras de resíduos que poderiam ser empregados na produção de rações para diversos setores agropecuários, incluindo a piscicultura. O estado do Amazonas tem uma expressiva produção de mandioca estimada em 720.488 toneladas (IBGE, 2021), que é destinada à produção de farinha e extração de amido (goma). A produção de mandioca gera três tipos de resíduos que podem ser beneficiados e utilizados como matéria prima na produção de ração: a crueira, as folhas e a raspa. A crueira é obtida após moer e peneirar a mandioca durante a produção de farinha ou de goma, é um subproduto constituído por aproximadamente 82% de amido e 3.730 Kcal de energia bruta/kg, o que a torna um potencial ingrediente energético (Rocha et al., 2016; Neves, 2004). O amido de mandioca é rico em amilopectinas, e isto possibilita maior expansão e flutuabilidade de péletes

após o processo de extrusão da ração em comparação ao amido de milho (Kannadhasan et al., 2011).

As folhas e as raspas de mandioca são obtidas durante a colheita e preparo do tubérculo para a produção de farinha ou extração do amido. As folhas de mandioca secas sem o pecíolo possuem teor de proteína bruta de 28% (Madalla et al., 2016), e a parte aérea da planta (terço superior) de 7 a 13% em plantas com 16 meses de idade (Dantas et al., 2010). Essa variação ocorre devido à idade e variedade da mandioca pois, à medida que a planta envelhece, o nível de proteína bruta diminui e aumenta o nível de fibra bruta. Por outro lado, esses resíduos são ricos em minerais, vitaminas e carotenos. A utilização das folhas de mandioca *in natura* é limitada por causa de elementos tóxicos presentes em sua composição como os glicosídeos cianogênicos (linamarina e lotaustralina) e pelo seu alto teor de fibras (16,7%). No entanto, o teor de elementos tóxicos pode ser reduzido através da desidratação, trituração e cozimento (extrusão), o que resulta em um produto de baixa toxicidade para peixes (Hisano et al., 2008). Tilápias, *Oreochromis niloticus*, apresentaram coeficientes de digestibilidade aparente para a folha de mandioca de 73,3 e 81,2% para proteína e matéria seca, respectivamente (De Carvalho et al., 2012).

A raspa de mandioca é obtida durante a limpeza do tubérculo e representa 20% de seu peso. A raspa de mandioca seca possui alta digestibilidade e fornece energia para os animais monogástricos (Lukuyu et al., 2014). Os processos de secagem e extrusão reduzem compostos tóxicos e rompem a parede celular vegetal, o que expõe o amido à ação das amilases (Graham, 1993; Oghenejoboh et al., 2021). Além disso, o amido presente na raspa da mandioca possui efeito aglutinante quando aquecido (Effiong et al., 2009), que é uma característica desejável para extrusão de rações.

A pesca Amazônica concentra 60% da pesca continental brasileira, destacando-se como a região mais rica em diversidade de espécies peixes (Zacardi et al., 2014). O peixe é comumente comercializado fresco, inteiro ou eviscerado (Da Costa et al., 2018), e quando não é mantido sob refrigeração se deteriora rapidamente, gerando grandes volumes de resíduos. Tais resíduos, no entanto, são fontes de proteínas de alto valor nutricional (Feltus et al., 2010), e quando processados de forma correta, tornam-se coprodutos como a farinha de peixe destinada a produção de rações para aquicultura (Amâncio et al., 2010; Sales e Oliveira, 2015). Apesar da farinha de peixe ser um ingrediente de alta qualidade e para uso imediato no Amazonas, o crescimento constante da sua demanda poderá se tornar insustentável para a pesca e aquicultura a médio e longo prazos. Assim,

a produção de insetos pode ser uma estratégia para produção industrial de ingrediente proteico na Amazônia.

Devido a popularização dos insetos, sistemas de produção em pequena ou grande escala estão em aperfeiçoamento, com o objetivo de suprir às necessidades de pequenos produtores familiares até as fábricas de rações (Kenis et al., 2018). As larvas de insetos reciclam resíduos orgânicos e resultam em biomassa com valores de até 42% de proteína bruta e 30% de lipídeos (Veldkamp et al., 2012; Magalhães et al., 2017), o que pode ser uma fonte de ingrediente proteico para indústria de nutrição animal do Amazonas. No Brasil, há larvas de insetos processadas disponíveis para o mercado, podendo ser encontradas nas formas secas e moídas, desengorduradas ou na forma íntegra (Barragan-Fonseca et al., 2017).

Dentre os insetos promissores para o desenvolvimento da piscicultura, destaca-se a larva da Black Soldier Fly (BSF), *Hermetia illucens*, por sua alta produtividade e por sua farinha alcançar até 60% de proteína, quando seca e desengordurada. Tambaquis podem ser alimentados com larvas íntegras e frescas de BSF em substituição à 50% de ração comercial, sem prejuízo no desempenho zootécnico (Ordoñez et al., 2022). Além disso, a larva de BSF integral pode ser adicionada em até 15,75% (Dos Santos et al., 2023) ou desengordurada em até 30% em rações extrusadas para tambaqui sem comprometer o desempenho zootécnico (Dos Santos et al., 2022). A larva de BSF cresce e se desenvolve muito bem nas condições climáticas do Amazonas (Teixeira Filho, 2018) e sua utilização em dietas para peixes, reduz a competitividade humana e animal pelos mesmos recursos alimentares (Gottlieb et al., 2008; Verbeke et al., 2015).

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

- Formular e produzir uma ração amazônica destinada para a aquicultura familiar.

2.2. Específicos

- Avaliar o desempenho zootécnico, composição corporal, índices biométricos e coloração do filé de tambaquis alimentados com dietas formuladas com ingredientes amazônicos em níveis crescentes de substituição da farinha de peixes pela farinha de BSF;

- Avaliar os parâmetros hematológicos e bioquímicos de tambaquis alimentados com dietas formuladas com ingredientes amazônicos em níveis crescentes de substituição da farinha de peixes pela farinha de BSF.

3. Material e Métodos

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Experimentação e Pesquisa Animal do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Manaus, Amazonas, Brasil (protocolo nº 137/2022 CEUA/INPA). O experimento foi realizado na Estação Experimental de Aquicultura do INPA da Coordenação de Tecnologia e Inovação (COTEI).

3.1. Preparação dos ingredientes

As rações foram produzidas utilizando farinha das matérias-primas: crueira, raspa e parte aérea da mandioca (variedades pirarucu e jurará), como fonte de amido, fibra e energia (Figura 1). A escolha da parte aérea da mandioca foi definida devido a facilidade em coletar e manipular este subproduto no campo, pois a utilização apenas das folhas exigiria despojá-las no campo, aumentando o tempo de coleta e mão-de-obra. Os subprodutos da cadeia produtiva da mandioca foram coletados em propriedades de agricultores do Município de Careiro, Amazonas, Brasil (Lago do Janauacá, Comunidade Boa Vista) e transportados para o INPA. Os subprodutos foram secos em estufa com circulação e renovação de ar a 55°C até atingir umidade inferior a 10%. Depois de secos, cada matéria-prima foi moída em moinho de martelos em granulometria de 1 mm. Como ingredientes proteicos, foram utilizados a farinha de peixe inteiro de água doce do gênero *Anodus* sp. produzida no Município de Itacoatiara, Amazonas e a farinha desengordurada de larvas de BSF produzida pela empresa Cyns[®], localizada em Piracicaba, São Paulo.



Figura 1. Processamento dos subprodutos da mandioca para produção de farinha.

3.2. Dietas

As matérias-primas foram analisadas quanto a composição centesimal (AOAC, 2010) e energia bruta mensurada em bomba calorimétrica (IKA[®] 2600) (Tabela 1). O teor de proteína bruta da farinha de larvas de BSF foi calculada usando o fator de correção 5,6 como recomendado por Janssen et al. (2017), para não superestimar o valor de proteína devido ao nitrogênio não proteico proveniente da quitina. Os ingredientes proteicos (Farinha da parte aérea da mandioca – FPAM; Farinha desengordurada de larvas de BSF – FBSF; Farinha de peixe de água doce - FP) foram analisados quanto o teor de aminoácidos, sendo uma amostra de 100 mg de cada ingrediente foi hidrolisada com HCl 6M a 110°C por 24 h, seguida de neutralização com 4 mL de NaOH 25% SV (peso/volume) e resfriada à temperatura ambiente. A mistura foi então equalizada para 50 mL de volume com tampão citrato de sódio (pH 2,2) e analisada usando um analisador de aminoácidos (1260 Infinity LCs (Agilent Technologies). O triptofano foi determinado pelo método colorimétrico de Spies (Spies 1967) usando curva padrão de puro triptofano (Merck, Alemanha) e detectado em 590 nm, com espectrofotômetro (DU-640 UV/Vis – Beckman Coulter, Basking

Ridge, New Jersey, EUA) por 16:00h a 0°C e neutralização com ácido bromídrico antes da hidrólise.

A partir dos resultados de composição nutricional dos ingredientes, foram formuladas cinco dietas isoproteicas e isoenergéticas com a proporção iguais de subprodutos da mandioca, porém com níveis de substituição crescente da farinha de peixes pela farinha de larvas de BSF (0BSF; 25BSF; 50BSF; 75BSF e 100BSF) (Tabela 2 e Figura 2). Além das cinco dietas, foi formulada uma ração controle com ingredientes comumente utilizados em rações comerciais para tambaqui (Tabela 2).

Tabela 1. Composição centesimal, energia e aminoácidos dos ingredientes utilizados na elaboração das dietas experimentais.

Nutrientes e energia	INGREDIENTES				
	FCM	FRM	FPAM	FBSF	FP
Matéria seca (%)	87,04±0,46	90,24±0,25	90,63±0,23	89,78±0,37	93,19±0,32
Proteína bruta (%)	5,38±0,52	6,12±0,50	19,41±0,51	59,65±2,97	62,94±0,53
Extrato etéreo (%)	4,19±0,14	5,94±0,38	8,05±0,31	14,21±0,75	8,41±0,63
Fibra bruta (%)	4,48±0,34	8,01±0,40	16,70±0,42	0,40±0,07	0,29±0,02
Matéria mineral (%)	3,46±0,68	4,26±0,32	3,60±0,48	16,26±0,37	21,61±0,52
Energia bruta (Kcal/Kg)	4369,96±31,91	4193,04±13,73	4080,56±12,29	5420,92±61,61	4302,60±15,32
Aminoácidos essenciais analisados (%)					
Arginina	-	-	1,08	4,03	5,66
Histidina	-	-	0,42	2,41	1,35
Isoleucina	-	-	0,68	2,84	1,71
Leucina	-	-	1,30	4,34	3,71
Lisina	-	-	1,05	4,33	4,37
Metionina	-	-	0,24	1,11	1,40
Fenilalanina	-	-	0,96	2,52	1,83
Treonina	-	-	0,71	2,82	2,73
Triptofano	-	-	0,89	1,02	1,05
Valina	-	-	0,95	4,10	2,20
Aminoácidos não essenciais analisados (%)					
Alanina	-	-	1,06	3,66	5,13
Ácido Aspártico	-	-	3,09	5,68	4,98
Cistina	-	-	0,11	0,33	0,18
Glicina	-	-	0,92	2,63	8,68

Ácido Glutâmico	-	-	3,33	7,10	8,69
Prolina	-	-	0,85	3,67	4,70
Serina	-	-	1,23	2,90	3,02
Tirosina	-	-	0,47	4,05	1,10
Taurina	-	-	0,07	0,10	0,43

FCM: Farinha de crueira de mandioca; FRM: Farinha de raspa de mandioca; FPAM: Farinha da parte aérea da mandioca; FBSF: Farinha desengordurada de larvas de black soldier fly; FP: Farinha de peixe.

Os ingredientes foram misturados, moídos e extrusados em máquina extrusora de rosca única (INBRAMAQ, Modelo MX - 80) em matriz de 3mm, amperagem do motor entre 30 e 38 A, frequência da rosca (Hz) 60 e a frequência da faca (Hz) 28,0 a 31,5. Após a extrusão, os péletes foram secos em estufa com circulação e renovação de ar a 55°C até atingir umidade inferior a 10%.

Tabela 2. Formulação e composição nutricional das dietas experimentais.

Ingredientes (%)	Controle	Dietas (%)				
		0BSF	25BSF	50BSF	75BSF	100BSF
Farinha de peixe	-	38,50	28,88	19,25	9,62	0,00
Farinha de BSF desengordurada	-	0,00	9,62	19,25	28,88	38,50
Farinha da parte aérea da mandioca	-	22,00	22,00	22,00	22,00	20,00
Farinha de crueira de mandioca	-	16,68	17,68	18,08	18,78	19,98
Farinha de raspa de mandioca	-	16,00	17,00	18,00	18,00	19,50
Farelo de soja	28,00	-	-	-	-	-
Farinha de carne e ossos	18,50	-	-	-	-	-
Farelo de milho	33,48	-	-	-	-	-
Farelo de trigo	13,50	-	-	-	-	-
Óleo de soja	4,50	4,80	2,80	1,40	0,70	0,00
Suplemento vitamínico e mineral ^a	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Fosfato bicálcico	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Sal comum	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
BHT	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Nutrientes e energia						
Proteína bruta (%)	28,17	28,01	28,09	28,15	28,16	28,01
Proteína bruta corrigida (%) ^b	28,17	28,01	27,50	26,96	26,37	25,63
Extrato etéreo (%)	8,26	11,43	10,10	9,34	9,23	9,07
Matéria mineral (%)	10,47	11,35	10,91	10,45	9,96	9,48
Fibra bruta (%)	3,56	5,81	5,95	6,05	6,10	5,95
Amido (%)	25,54	26,36	27,83	28,82	29,39	31,16
Energia bruta (Kcal/Kg)	4406,60	4402,00	4408,55	4444,99	4517,95	4593,92
Aminoácidos essenciais calculados (%)^c						
Arginina	1,85	2,47	2,32	2,16	2,01	1,83
Histidina	0,61	0,64	0,74	0,85	0,95	1,05

Isoleucina	0,99	0,84	0,95	1,06	1,17	1,27
Leucina	1,91	1,77	1,83	1,89	1,96	1,99
Lisina	1,39	1,95	1,95	1,95	1,94	1,92
Metionina	0,37	0,60	0,58	0,55	0,52	0,49
Fenilalanina	1,10	0,96	1,02	1,09	1,16	1,21
Treonina	0,95	1,24	1,25	1,26	1,27	1,26
Triptofano	0,27	0,61	0,61	0,61	0,60	0,58
Valina	1,20	1,10	1,28	1,47	1,65	1,82
Aminoácidos não essenciais calculados (%)						
Alanina	1,58	2,21	2,07	1,93	1,78	1,62
Ácido Aspártico	1,43	2,60	2,66	2,73	2,80	2,80
Cistina	0,35	0,11	0,12	0,14	0,15	0,17
Glicina	2,15	3,56	2,98	2,40	1,81	1,21
Ácido Glutâmico	2,19	4,08	3,93	3,77	3,62	3,40
Prolina	1,82	2,00	1,90	1,80	1,70	1,58
Serina	1,25	1,45	1,44	1,42	1,41	1,38
Tirosina	0,79	0,55	0,83	1,12	1,40	1,68
Taurina	0,00	0,18	0,15	0,12	0,09	0,05

Abreviação: BSF: Black Soldier Fly

^aVitamin and mineral mix (Nutron®) per kg of product: folic acid (250 mg). pantothenic acid (5.000 mg). antioxidant (600 mg). biotin (125 mg). cobalt (25 mg). copper (2.000 mg). iron (13.820 mg). iodine (100 mg). manganese (3.750 mg). niacin (5.000 mg). selenium (75 mg). vitamin A (1.000.000 IU). vitamin B1 (1250 mg). vitamin B12 (3.750 mg). vitamin B2 (2.500 mg). vitamin B6 (2.485 mg). vitamin C (28.000 mg). vitamin D3 (500.000 IU). vitamin E (28.000 IU). vitamin K3 (500 mg). zinc (17.500 mg). ^bProteína corrigida foi calculada usando o fator de correção 5,6 (Janssen et al. 2017). ^cCalculados com base nas análises químicas de composição de aminoácidos para farinha da parte aérea da mandioca, farinha desengordurada de larvas de BSF, farinha de peixe de água doce, e para os demais ingredientes foram utilizados os dados disponíveis em Rostagno et al. (2017).

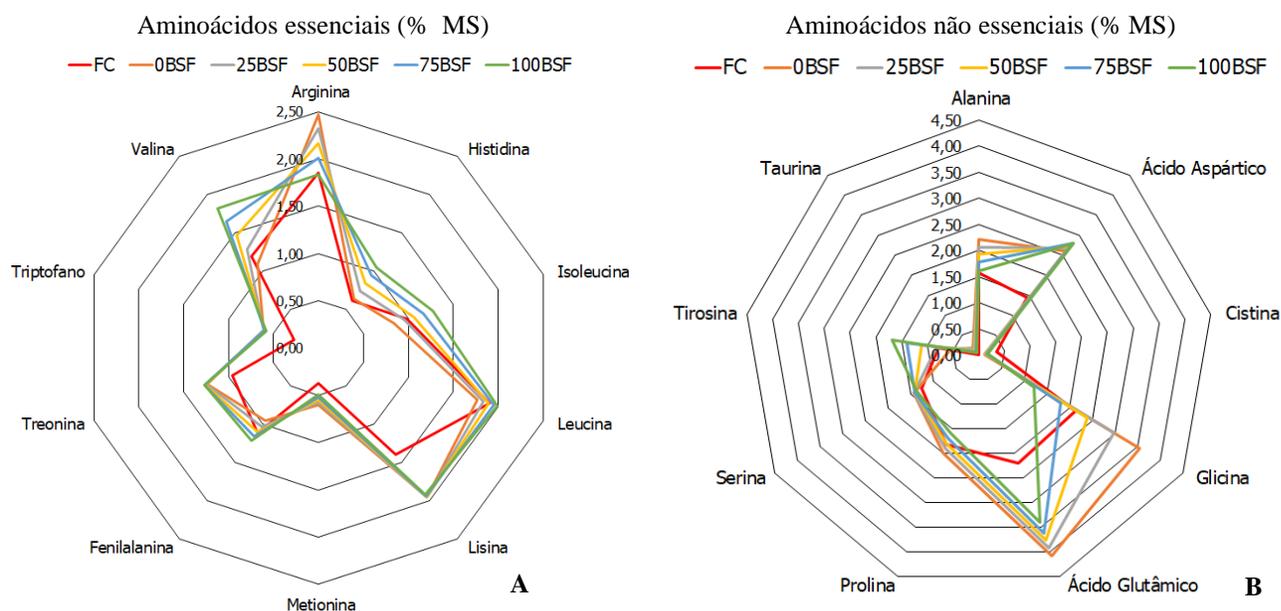


Figura 2. Representação gráfica da composição de aminoácidos das dietas experimentais. **A:** Aminoácidos essenciais (% MS); **B:** Aminoácidos não essenciais (% MS).

3.3. Experimento de alimentação

Juvenis de tambaqui ($24,61 \pm 1,14$ g; $10,95 \pm 0,26$ cm) proveniente da fazenda Santo Antônio, localizada na rodovia AM 010, Km 113, Rio Preto da Eva – AM, foram distribuídos aleatoriamente em 24 tanques de polietileno com volume útil de 150 litros ($n=4$; 20 peixes/tanque) em um delineamento inteiramente casualizado. Os peixes foram mantidos em sistema de recirculação com fitorremediação, aeração constante e fotoperíodo natural. Os peixes foram alimentados quatro vezes ao dia (8:00, 11:00, 14:00 e 17:00 horas) até apresentarem saciedade aparente durante 60 dias.

Os parâmetros de qualidade da água (temperatura: $29,04 \pm 0,89$ °C; pH: $6,24 \pm 0,29$; oxigênio dissolvido: $6,30 \pm 0,66$ mg L⁻¹) foram monitorados diariamente por meio de sonda multiparamétrica (HI98196; HANNA®). Os níveis de amônia ($0,33 \pm 0,17$ mg L⁻¹) e nitrito ($0,02 \pm 0,01$ mg L⁻¹) foram monitorados semanalmente por meio de kits colorimétricos e titulométricos (Alfakit AT 101; Alfakit, Florianópolis, SC, Brasil). Todos os parâmetros ficaram dentro da faixa de conforto para a criação de tambaqui (Lima et al., 2019).

O comprimento e o peso dos peixes foram registrados no início e ao final do experimento, para obter os dados de crescimento dos animais. Ao final do experimento, os peixes foram submetidos ao jejum prévio de 24 horas, e anestesiados por meio do banho de imersão em solução de benzocaína (diluição em água) na proporção de 100 mg L⁻¹ para realização da biometria.

Três peixes de cada unidade experimental foram eutanasiados por ruptura da medula espinhal, de acordo com as normas do CONCEA (2018). Os peixes foram congelados (-20°C) para análise de composição centesimal de acordo com a AOAC (2010).

Ao final do experimento, os dados de desempenho zootécnico foram expressos pelos seguintes cálculos:

- Ganho de peso (GP, g) = peso final - peso inicial;
- Ganho de peso diário (GPD, g/dia) = ganho de peso ÷ período experimental;
- Consumo de ração aparente (CRA, g) = consumo de ração ÷ número final de peixes;
- Ingestão diária de alimento (IDA, %/dia) = Consumo diário de ração x 100 ÷ ganho de peso;
- Conversão alimentar aparente (CAA) = consumo de ração ÷ ganho de peso;
- Taxa de crescimento relativo (TCR, %/dia) = $(e^g - 1) \times 100$, onde “e” é o número neperiano e $g = (\ln(\text{peso final}) - \ln(\text{peso inicial})) \div (\text{número de dias experimentais})$;

- Fator de condição (K) = $(\text{peso} \div \text{comprimento total}^3) \times 100$;
- Uniformidade do lote em peso (ULp, %) = $\frac{\text{número total de animais com peso total} \pm 10 \%}{\text{dentro da média de cada unidade experimental} \div \text{número de animais na unidade experimental}} \times 100$;
- Taxa de eficiência proteica (TEP, %) = $\frac{\text{ganho em peso}}{\text{consumo de proteína}}$.

Amostras de sangue foram coletadas da veia caudal de três peixes por tanque, usando seringas de 3 mL rinsadas com anticoagulante EDTA 5%, os quais foram posteriormente eutanasiados para análise dos índices biométricos. Mais três peixes por unidade experimental foram destinados para análise de coloração do filé.

3.4. Índices biométricos

Os índices biométricos foram estimados utilizando as seguintes fórmulas:

- Índice Víscero-somático (IVS, %) = $(\text{peso das vísceras} \div \text{peso do peixe}) \times 100$;
- Índice Hepato-somático (IHS, %) = $(\text{peso do fígado} \div \text{peso do peixe}) \times 100$;
- Índice Gordura víscero-somática (IGVS, %) = $(\text{peso da gordura visceral} \div \text{peso do peixe}) \times 100$;
- Índice Esplênico-somático (IES, %) = $(\text{peso do baço} \div \text{peso do peixe}) \times 100$.

3.5. Análises hematológicas

A concentração de hemoglobina foi determinada pelo kit comercial (Labtest[®]) como sugerido pelo fabricante e o hematócrito pela escala de Goldenfarb et al. (1971). Os eritrócitos foram contados em câmara de Neubauer por meio de microscópio óptico com objetiva de 40x (10 µL de sangue e 2,0 mL de formol citrato). As constantes corpusculares foram determinadas pelos métodos descritos por Brow (1976). A concentração de glicose foi mensurada através de uma gota de sangue total (Accumed-Glicomed[®], Rio de Janeiro, Brasil) imediatamente após a coleta do sangue (Rodrigues et al., 2020).

A avaliação bioquímica do sangue foi realizada com o plasma sanguíneo oriundo da centrifugação a 3000 g por minuto, a 4°C, durante 10 minutos. Foram avaliadas as seguintes variáveis bioquímicas de acordo com o protocolo sugerido pelo fabricante (In Vitro Diagnóstico[®]): proteína total (PT), albumina (AB), globulina (GB), triglicerídeos (TG), colesterol (CL), lipoproteína de alta densidade (HDL), lipoproteína de baixa densidade (LDL), lipoproteína de

densidade muito baixa (VLDL) e (Labtest[®]): bilirrubina total (BT). As leituras das absorvâncias foram realizadas em espectrofotômetro (HACH[®] modelo DR 6000).

A contagem total de leucócitos foi realizada pelo método indireto Ranzani-Paiva et al. (2013): Leucócitos totais (μL) = [(número de leucócitos contados na extensão x número de eritrócitos em câmara de Neubauer/2000)]. Na contagem diferencial dos leucócitos foram contadas 200 células, estabelecendo o percentual e o valor absoluto de cada componente celular de interesse, conforme o protocolo de Ranzani-Paiva et al. (2013).

3.6. Avaliação da coloração do filé

Três peixes de cada unidade experimental foram filetados (porção muscular longitudinal, com corte no sentido da espinha dorsal) e a coloração do filé foi medida imediatamente na porção cranial, medial e caudal do músculo ordinário com o equipamento CHROMA METER CR-200 (Konica Minolta, Chiyoda, Japão) seguindo o sistema CIE (1976), registrando assim L (luminosidade), a^* (índice de vermelhidão) e b^* (índice de amarelecimento), apresentando-se no final a média das três porções.

3.7. Análise estatística

Os dados foram submetidos aos testes de pressupostos paramétricos de normalidade (Shapiro-Wilk) e homocedasticidade (Levene) antes das análises posteriores. Os tratamentos foram submetidos à dois grupos de análises estatísticas. No primeiro grupo todos os dados dos tratamentos, exceto pelo FC, foram submetidos a análises de regressão. A escolha dos modelos de regressão foi baseada nos níveis de significância, coeficiente de correlação (r^2) e melhor ajuste dos dados de cada variável com base nos testes de critério de Akaike (AIC) e teste F, para as equações de mesma família de distribuição.

No segundo grupo todos os tratamentos foram comparados por análise de variância unifatorial e quando significativa, pelo teste de Dunn. Os tratamentos de ração amazônica (0BSF a 100BSF) foram comparados individualmente com a formulação comercial (FC), considerada o tratamento controle. Os dados que não se ajustaram aos pressupostos da análise de variância foram submetidos ao teste de Kruskal-Wallis e ao teste de contraste de mediana de Dwass-Steel-Critchlow-Fligner (DSCF) e todos os tratamentos foram comparados par a par. O nível de

significância adotado em todas as análises foi $p < 0,05$. As médias foram expressas em média \pm desvio padrão. Para a realização das análises foram utilizados os programas Statistica 13.0, CurveExpert Pro 2.7 e jamovi 2.3.18.

4. Resultados

Não houve rejeição das dietas experimentais pelos peixes. A taxa de sobrevivência durante o período experimental foi de 100%. Não foram observadas diferenças significativas para as variáveis PF, GP, GPD, TCR, TEP, K e ULp (Tabela 3).

Os peixes alimentados com a dieta controle (FC) apresentaram melhores resultados de CAA e IDA. Os alimentados com a dieta 100BSF apresentaram maior valor para CRA em comparação aos peixes alimentados 0BSF e 25BSF (Tabela 3). Não houve diferença para as variáveis de composição centesimal do corpo inteiro e índices biométricos (Tabela 4 e 5), respectivamente.

Não houve diferenças significativas para os parâmetros hematológicos, com exceção da variável HB (Tabela 6), os peixes alimentados com a dieta 0BSF apresentaram menor valor quando comparado com o controle, porém sem diferenças com os grupos de peixes alimentados com as dietas contendo BSF. Os parâmetros plasmáticos GC, PT, AB, GB foram similares para os grupos experimentais, porém a BT foi superior nos peixes alimentados com 0BSF em relação a FC, 50BSF, 75BSF e 100BSF, e similar aos peixes alimentados com 25BSF (Tabela 7). Dentre as variáveis lipídicas do sangue, houve diferenças nos valores de colesterol, especialmente, entre os peixes alimentados com 0BSF e FC, porém ambos sem diferenças com os peixes alimentados com as demais dietas (Tabela 8). Não houve diferenças significativas entre os parâmetros imunológicos avaliados (Tabela 9). Na avaliação da coloração do filé, não houve diferença significativa para as variáveis luminosidade vermelhidão entre os grupos experimentais. Os filés dos peixes alimentados com as dietas amazônicas (0BSF, 25BSF, 50BSF, 75BSF e 100BSF) apresentaram maior índice de amarelecimento aos filés dos peixes que consumiram a dieta FC (Figura 3).

Tabela 3. Desempenho zootécnico de tambaquis alimentados com as dietas experimentais durante 60 dias.

Tratamentos	PF (g)	GP (g)	GPD (g/dia)	CAA	CRA (g)	IDA (%/dia)	TCR (%/dia)	TEP (%)	K	ULp (%)
FC	71,44±7,53	46,83±7,53	0,78±0,12	1,33±0,06 ^b	62,06±7,73 ^{ab}	2,21±0,11 ^b	1,82±0,19	2,67±0,13	1,80±0,06	48,75±11,09
0BSF	61,04±4,22	36,43±4,21	0,61±0,07	1,70±0,19 ^a	61,31±1,95 ^b	2,80±0,22 ^a	1,55±0,12	2,12±0,24	1,83±0,03	43,75±13,15
25BSF	60,45±6,58	35,84±6,58	0,60±0,11	1,69±0,06 ^a	60,35±8,73 ^b	2,81±0,11 ^a	1,53±0,18	2,08±0,03	1,81±0,05	45,00±5,00
50BSF	60,42±7,91	35,81±7,91	0,60±0,13	1,84±0,15 ^a	64,98±9,54 ^{ab}	2,98±0,28 ^a	1,52±0,23	1,94±0,17	1,77±0,06	41,67±10,41
75BSF	61,03±4,47	36,42±4,47	0,61±0,07	1,81±0,16 ^a	65,23±2,89 ^{ab}	2,99±0,21 ^a	1,55±0,13	1,98±0,18	1,81±0,08	33,75±7,50
100BSF	68,90±6,30	44,29±6,30	0,74±0,10	1,77±0,12 ^a	77,93±5,48 ^a	2,93±0,23 ^a	1,76±0,15	1,97±0,07	1,86±0,03	41,67±20,21
<i>p</i>	0,09	0,09	0,09	0,02	0,03*	0,04	0,10	0,06*	0,38	0,63
Regressão										
<i>p</i>	ns	ns	ns	ns	0,04	ns	ns	ns	ns	ns
<i>r</i> ²					0,49					
Modelo					Quadrático					

FC: Formulação comercial; PF: Peso final; GP: Ganho de peso; GPD: Ganho de peso diário; CAA: Conversão alimentar aparente; CRA: Consumo de ração aparente; IDA: Ingestão diária de alimento; TCR: Taxa de crescimento relativo; TEP: Taxa de eficiência proteica; K: Fator de condição; ULp: Uniformidade do lote em peso. *Teste de Kruskal-Wallis e DSCF. Valores de *p* da ANOVA *one way* e diferentes letras sobrescritas na mesma coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05\%$) entre os tratamentos no teste de Dunn. ns = não significativo ($p > 0,05\%$).

Tabela 4. Composição centesimal do corpo inteiro de tabaquis alimentados com as dietas experimentais durante 60 dias.

Tratamentos	MS (%)	PB (%)	EE (%)	MM (%)	EB (Kcal/Kg)
FC	30,18±0,74	49,37±3,68	21,41±1,50	11,21±0,58	4819,00±48,41
0BSF	30,08±0,55	50,33±2,81	20,04±1,69	12,50±0,55	4688,09±77,27
25BSF	29,91±1,23	52,65±0,80	21,10±0,98	11,64±0,91	4719,92±62,26
50BSF	28,99±1,14	50,66±1,72	19,87±1,33	11,32±0,73	4679,67±74,00
75BSF	29,79±1,00	48,37±1,50	21,48±1,07	11,62±1,22	4841,17±26,76
100BSF	28,83±0,94	52,30±1,63	20,25±0,08	11,72±0,36	4855,25±64,36
<i>p</i>	0,07	0,19	0,37	0,32	0,07*
Regressão					
<i>p</i>	ns	ns	ns	ns	ns
<i>r</i> ²					
Modelo					

FC: Formulação comercial; MS: Matéria seca; PB: Proteína bruta; EE: Extrato etéreo; MM: Matéria mineral; EB: Energia bruta. * Teste de Kruskal-Wallis e DSCF. Valores de *p* da ANOVA *one way* ($p < 0,05\%$) indicam diferença significativa entre os tratamentos. ns = não significativo ($p > 0,05\%$).

Tabela 5. Índices biométricos de tabaquis alimentados com as dietas experimentais durante 60 dias.

Tratamentos	IVS (%)	IHS (%)	IGVS (%)	IES (%)
FC	7,91±0,59	2,13±0,41	1,97±0,16	0,10±0,03
0BSF	7,48±0,68	1,77±0,30	1,99±0,52	0,07±0,02
25BSF	7,64±0,35	2,08±0,21	1,50±0,30	0,06±0,01
50BSF	7,49±0,33	1,87±0,25	1,37±0,10	0,07±0,02
75BSF	8,21±0,47	2,25±0,18	1,81±0,36	0,07±0,02
100BSF	8,26±0,42	2,28±0,15	1,91±0,23	0,10±0,03
<i>p</i>	0,21	0,13	0,11	0,27
Regressão				
<i>p</i>	ns	0,007	ns	ns
<i>r</i> ²		0,39		
Modelo		Linear		

FC: Formulação comercial; IVS: Índice víscero-somático; IHS: Índice hepato-somático; IGVS: Índice gordura víscero-somático; IES: Índice esplênico-somático. Valores de *p* da ANOVA *one way* ($p < 0,05\%$) indicam diferença significativa entre os tratamentos. ns = não significativo ($p > 0,05\%$).

Tabela 6. Parâmetros hematológicos de tambaquis alimentados com as dietas experimentais durante 60 dias.

Tratamentos	HT (%)	HB (g/dL)	ET ($10^6 \mu\text{L}^{-1}$)	VCM (fL)	HCM (pg)	CHCM (g dL ⁻¹)
FC	33,84±1,17	8,13±0,80 ^a	1,50±0,14	227,53±24,55	54,70±8,06	24,06±1,81
0BSF	28,58±4,49	6,43±0,85 ^b	1,25±0,12	231,04±47,68	51,70±6,85	22,66±1,79
25BSF	28,52±1,28	6,63±0,52 ^{ab}	1,40±0,06	212,00±18,90	48,90±4,09	23,30±1,80
50BSF	32,05±3,04	6,67±0,54 ^{ab}	1,44±0,16	218,00±11,90	47,10±1,43	20,84±1,68
75BSF	32,44±1,24	7,22±0,82 ^{ab}	1,33±0,11	249,00±21,20	55,70±9,53	22,30±2,11
100BSF	33,52±0,85	7,45±0,49 ^{ab}	1,43±0,10	248,00±24,70	54,50±6,01	22,27±1,85
<i>p</i>	0,07	0,04*	0,12	0,22	0,47	0,31
Regressão						
<i>p</i>	ns	ns	ns	ns	ns	ns
<i>r</i> ²						
Modelo						

FC: Formulação comercial; HT: Hematócrito; HB: Hemoglobina; ET: Eritrócitos; VCM: Volume corpuscular médio; HCM: Hemoglobina corpuscular média; CHCM: Concentração de hemoglobina corpuscular média. *Teste de Kruskal-Wallis e DSCF. Valores de *p* da ANOVA *one way* e diferentes letras sobrescritas na mesma coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05\%$) entre os tratamentos no teste de Dunn. ns = não significativo ($p > 0,05\%$).

Tabela 7. Parâmetros plasmáticos de tambaquis alimentados com dietas experimentais durante 60 dias.

Tratamentos	GC (mg/dL)	PT (g/dL)	AB (g/dL)	GB (g/dL)	BT (mg/dL)
FC	88,80±21,80	3,93±0,72	0,86±0,10	3,11±0,69	23,10±2,83 ^b
0BSF	88,30±24,20	4,18±0,49	1,15±0,29	3,03±0,53	32,80±6,72 ^a
25BSF	89,90±10,10	4,38±0,41	0,87±0,27	3,52±0,15	26,83±1,94 ^{ab}
50BSF	89,00±10,80	3,75±0,28	1,28±0,35	2,48±0,42	21,75±2,94 ^b
75BSF	97,30±9,14	3,99±0,73	0,91±0,27	3,07±0,91	23,27±3,44 ^b
100BSF	86,00±23,40	3,40±0,88	0,92±0,20	2,63±0,81	24,60±0,69 ^b
<i>p</i>	0,94	0,49	0,24	0,46	0,01
Regressão					
<i>p</i>	ns	ns	ns	ns	ns
<i>r</i> ²					
Modelo					

FC: Formulação comercial; GC: Glicose; PT: Proteína total; AB: Albumina; GB: Globulina; BT: Bilirrubina total. Valores de *p* da ANOVA *one way* e diferentes letras sobrescritas na mesma coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05\%$) entre os tratamentos no teste de Dunn. ns = não significativo ($p > 0,05\%$).

Tabela 8. Perfil lipídico do sangue de tambaquis alimentados com as dietas experimentais durante 60 dias.

Tratamentos	TG (mg/dL)	CL (mg/dL)	HDL (mg/dL)	LDL (mg/dL)	VLDL (mg/dL)
FC	167,08±38,23	85,34±10,49 ^b	25,03±2,48	27,10±4,51	33,40±7,65
0BSF	152,78±22,80	107,00±6,98 ^a	36,13±7,77	40,60±4,09	30,60±4,56
25BSF	153,00±24,10	95,30±8,65 ^{ab}	28,04±2,08	28,90±3,08	33,10±4,82
50BSF	174,07±11,83	97,10±6,68 ^{ab}	26,57±2,06	35,00±7,90	35,10±2,04
75BSF	198,29±57,73	95,00±8,24 ^{ab}	28,10±3,75	32,80±12,90	39,70±11,50
100BSF	177,86±19,53	93,40±7,33 ^{ab}	28,03±1,58	32,00±11,70	35,40±3,20
<i>p</i>	0,46	0,007*	0,20*	0,26*	0,46*
Regressão					
<i>p</i>	ns	ns	ns	ns	ns
<i>r</i> ²					
Modelo					

FC: Formulação comercial; TG: Triglicerídeo; CL: Colesterol; HDL: Lipoproteínas de alta densidade LDL: Lipoproteínas de baixa densidade; VLDL: Lipoproteínas de densidade muito baixa. *Teste de Kruskal-Wallis e DSCF. Valores de *p* da ANOVA *one way* e diferentes letras sobrescritas na mesma coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05\%$) entre os tratamentos no teste de Dunn. ns = não significativo ($p > 0,05\%$).

Tabela 9. Parâmetros imunológicos (Leucócitos e Trombócitos) de tambaquis alimentados com as dietas experimentais durante 60 dias.

Tratamentos	$(10^3 \mu\text{L}^{-1})$				
	LT	LF	MO	NE	TB
FC	113,84±17,85	92,59±14,46	15,56±7,18	5,59±1,88	21,01±4,96
0BSF	104,12±14,13	88,01±12,71	12,46±4,59	3,45±1,26	13,53±4,52
25BSF	108,32±3,32	88,94±7,13	16,28±3,17	3,05±1,48	15,46±6,05
50BSF	117,18±13,31	98,20±11,29	14,44±1,55	4,22±0,96	18,68±1,62
75BSF	120,77±6,19	101,30±14,11	15,55±5,29	3,92±3,81	20,40±6,10
100BSF	116,78±5,93	92,70±4,23	17,32±1,75	6,56±1,57	22,33±9,47
<i>p</i>	0,37*	0,62	0,80	0,32	0,33
Regressão					
<i>p</i>	ns	ns	ns	ns	ns
<i>r</i> ²					
Modelo					

FC: Formulação comercial; LT: Leucócitos totais; LF: Linfócitos; MO: Monócitos; NE: Neutrófilos; TB: Trombócitos. * Teste de Kruskal-Wallis e DSCF. Valores de *p* da ANOVA *one way* ($p < 0,05\%$) indicam diferença significativa entre os tratamentos. ns = não significativo ($p > 0,05\%$).

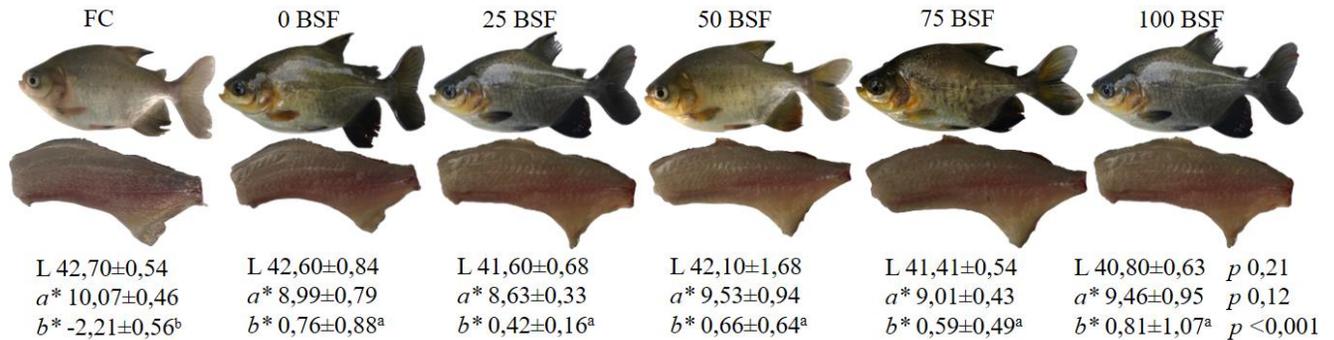


Figura 3. Coloração do filé de tambaquis ((L) luminosidade, (a^*) vermelhidão e (b^*) amarelecimento) alimentados com as dietas experimentais durante 60 dias. Valores de p da ANOVA *one way* e diferentes letras sobrescritas na mesma linha indicam diferença significativa ($p < 0,05\%$) entre os tratamentos no teste de Dunn.

5. Discussão

Os tambaquis apresentaram crescimento similares, porém os peixes alimentados com as dietas amazônicas apresentaram maiores valores de conversão alimentar aparente em relação aos peixes alimentados com a dieta com formulação comercial. As dietas amazônicas (0BSF a 100BSF) apresentaram o conteúdo de fibra bruta de 5,81 a 6,10% e a formulação comercial continha 3,56%. A fibra bruta, também conhecida como polissacarídeos não amiláceos, inclui a celulose, hemicelulose, substâncias pécnicas, gomas e a lignina (Dhingra et al., 2012) e o aumento do seu teor na dieta é frequentemente relacionado à diminuição de digestibilidade nutricional do alimento para peixes (Sinha et al., 2011; Kaushik et al., 2022). Esse fato deve-se à ausência ou escassez das enzimas β -glucanases e β -xilanases que digerem a fibra em teleósteos de água doce (Kuz'mina 1996). Para cada 1% de aumento na fibra dietética, há diminuição em 4,4% no coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) dos carboidratos totais para tilápia (Maas et al., 2020).

Em ambiente natural, o tambaqui consome frutas e sementes com relatos de níveis de 9,7 a 20,5% de fibra bruta no seu conteúdo estomacal (Silva et al., 2000). Apesar desses níveis serem superiores aos apresentados nas dietas experimentais, não há como confirmar se o tambaqui é capaz de digerir e aproveitar o alto conteúdo de fibra do alimento na natureza. Os subprodutos da mandioca utilizados nesse estudo apresentaram teor de fibra bruta de 4,48% para casca, 8,01% para raspa e 16,70% para parte aérea.

Não há um consenso na literatura sobre a capacidade do tambaqui digerir a folha de mandioca, Soares et al. (2017) relataram CDAs para proteína bruta e energia da farinha do feno da folha de mandioca de 36,59% e 31,97%, respectivamente. Por outro lado, Medeiros (2022)

encontrou CDAs de 79% e 62% para proteína e energia da folha de mandioca também para o tambaqui, respectivamente (Medeiros, 2022). Porém, ambos autores relataram baixos níveis de CDA para matéria seca de 49,43% (Soares et al., 2017) e 37% (Medeiros, 2022) para tambaqui, conferindo o baixo aproveitamento inicial desse ingrediente, o que possivelmente, contribuiu para diminuir os valores de conversão alimentar dos peixes alimentados com as dietas amazônicas (0 a 100BSF). Um estudo sobre a inclusão de níveis crescentes de folha de mandioca em dietas de tambaqui e seu impacto na digestão de nutrientes e energia dos demais ingredientes da dieta é necessário para confirmar os relatos encontrados na literatura e no presente estudo.

Além do alto teor de fibra, a folha de mandioca apresenta fatores antinutricionais, como taninos, fitato e ácido cianogênico (Oresegun et al., 2016), que podem interferir na digestibilidade, absorção de nutrientes, saúde dos peixes e prejudicar a eficiência dos processos fisiológicos (Andrade et al., 2015). O processo de extrusão é uma técnica eficiente para diminuir a concentração de tanino da lentilha em até 98,83%, com potencialização dos resultados quando o ingrediente é hidratado (18%), com temperatura do canhão de 160° C e 200 rpm de velocidade da rosca. No processamento de extrusão das dietas experimentais do presente estudo foi utilizada a hidratação de 28%, temperatura de 90° C e 416 rpm, o que pode ter contribuído para eliminação de parte dos fatores antinutricionais presentes na parte aérea e demais subprodutos da mandioca.

A farinha de raspa de mandioca é bem aproveitada por tambaqui, com CDAs de 88,52; 88,69; 81,73 e 89,09% para matéria seca, proteína, lipídios e energia, respectivamente (Soares et al., 2017). Já a farinha de crueira pode ser incluída em até 30% da formulação da dieta para tambaqui, substituindo 100% o milho, sem causar impacto no desempenho zootécnico dos peixes (Pereira-Jr et al., 2023). Porém, os peixes alimentados com 30% de farinha de crueira apresentaram maior teor de gordura no músculo, quando comparados com os peixes do grupo controle alimentados com dieta formulada com milho, fato que não foi evidenciado no presente estudo com os peixes alimentados com dietas contendo até 19,98% de farinha de crueira somados a 19,50% de farinha de raspa da mandioca.

Neste estudo, utilizamos farinha de peixe integral de água doce produzida a partir de peixes amazônicos, porém algumas dessas espécies, principalmente na estação chuvosa, apresentam uma maior concentração de aminas biogênicas (Soares et al., 2021). Além disso, a farinha de peixe passa por processo de cozimento a altas temperaturas, o que pode provocar oxidação lipídica (Secci e Parisi, 2016). Essas substâncias podem ter contribuído para menor consumo de ração para os peixes

dos grupos com maiores níveis de farinha de peixe na dieta (0BSF e 25BSF), quando comparado com o grupo 100BSF. Por outro lado, os insetos fazem parte da dieta natural do tambaqui, e em sua grande maioria possuem substâncias químicas que atraem os peixes à ingestão (Nogales-Mérida et al., 2019; Hilsdorf et al., 2022), o que pode estar relacionado ao maior consumo da ração peixes alimentados com 100BSF.

Tanto a farinha de peixe de água doce quanto a farinha de desengordurada de BSF são bem digeridos por tambaqui. Medeiros (2022) observaram CDA de 79, 93, 86 e 86% para matéria seca, proteína, lipídios e energia, respectivamente da farinha de peixe amazônico de água doce produzida de forma artesanal e em baixa temperatura para juvenis de tambaqui. Enquanto, Dos Santos et al. (2022) apresentaram valores de CDA de 76, 84, 62, e 86% para matéria seca, proteína, lipídios e energia, respectivamente da farinha desengordurada de BSF para juvenis de tambaqui. Apesar de ambos os ingredientes serem bem digeridos, há de se considerar a composição de aminoácidos das dietas, pois dietas desbalanceadas podem interferir no crescimento, metabolismo e imunidade dos animais (Martins et al., 2019; Buzollo et al., 2019).

A exigência nutricional da lisina digestível, o primeiro aminoácido essencial limitante para tambaqui, foi estimada em 1,39 e 1,37% para proporcionar o máximo ganho em peso e a melhor conversão alimentar, respectivamente (Marchão et al., 2020). Porém, no estudo citado, a exigência de lisina digestível recomendada foi de 1,58% por proporcionar a maior deposição proteica corporal. Da mesma forma, Liebl et al. (2022) recomendam os valores entre 1,54 a 1,56% como exigência nutricional de lisina para o tambaqui. Todas as dietas experimentais do presente estudo continham o conteúdo mínimo de lisina (1,39%) para ganho em peso e conversão alimentar para tambaqui, porém somente as dietas amazônicas (0BSF a 100BSF) apresentaram níveis superiores de 1,58% de lisina, conforme valores recomendados por Marchão et al. (2020) e Liebl et al. (2022) para promover os melhores resultados de produtividade e saúde em tambaqui.

Todas as dietas experimentais apresentaram valor de metionina + cistina inferior as necessidades nutricionais recomendadas de 0,86 a 0,93% baseadas no desempenho zootécnico, composição corporal, eritograma e metabólitos plasmáticos e hepáticos de tambaquis (Rocha et al., 2023). Assim, possivelmente, os peixes do presente estudo poderiam ter apresentado melhores índices produtivos com a suplementação de 0,14 a 0,20% de metionina cristalina em todas as dietas experimentais.

O triptofano é um aminoácido essencial que além de participar da construção muscular, possui papel fundamental na regulação de processos neuroendócrinos e do sistema imune dos vertebrados (Hoseini et al., 2019). Porém, o excesso de triptofano pode induzir ao estresse oxidativo em peixes, com maior produção de espécies reativas do oxigênio e baixas atividades das enzimas do sistema antioxidante (superóxido dismutase, catalase, glutathione peroxidase, glutathione-S-transferase e glutathione reductase), como observado nas brânquias de carpa capim (*Ctenopharyngodon idellus*) alimentadas com deficiência ou excesso de triptofano na dieta (Jiang et al., 2015). Os valores de triptofano das dietas amazônicas foram superiores (0,58 a 0,61%) ao valor da necessidade nutricional de 0,32% para juvenis de tambaqui (Bomfim et al., 2020), no entanto, esses valores não foram suficientes para provocar mudanças nos parâmetros imunológicos avaliados no presente estudo.

Em relação aos aminoácidos não essenciais, no geral, as dietas amazônicas (0 a 100BSF) apresentaram maiores conteúdos de ácido glutâmico, ácido aspártico e glicina, quando comparados a dieta controle (FC). Esses aminoácidos são reconhecidos pelo poder palatilizante (Mai et al., 2022), sendo utilizados como estimulantes alimentares em dietas para peixes, em especial, em dietas para carnívoros elaborada com grande proporção de ingredientes vegetais (Rossi-Jr et al., 2021). O excesso dos aminoácidos não essenciais, ácido aspártico e ácido glutâmico, não interferem a gliconeogênese (Kirchner et al., 2003). A glicina é o aminoácido presente em maior quantidade nos animais (Mai et al., 2022) e, por isso, está presente em alta concentração na farinha de peixe, o que justifica seu maior teor nas dietas 0BSF e 25BSF. A glicina possui um importante papel no sistema antioxidante e na desintoxicação de amônia em peixes (Hoseini et al., 2022, Xie et al., 2016). O teor de glicina das dietas do presente estudo variou entre 1,21 (100BSF) a 3,56% (0BSF), sendo que a dieta controle (FC) apresentou 2,15%. Carpas comum (*Cyprinus carpio*) alimentadas com dietas suplementadas com glicina totalizando até 3,01% de glicina total não apresentaram alterações nos valores do desempenho de crescimento, mas houve melhorias na capacidade antioxidante dos peixes (Hoseini et al., 2022).

Os métodos de baixo custo e não letais, como as análises hematológicas, são uma importante ferramenta para avaliar o estado de saúde do peixe em resposta a mudanças nutricionais, qualidade da água e doenças (Fazio 2019). A hemoglobina é a proteína responsável pelo transporte de oxigênio na corrente sanguínea, que durante o processo fisiológico é degradada em globina e grupo heme, sendo que ambas sofrem uma nova lise e a porção globina é reutilizada pelo organismo

enquanto a heme é convertida em bilirrubina (Pierry et al., 2019). Apesar dos peixes alimentados com a dieta OBSF ter apresentado o valor de hemoglobina (6,43 g/dL) inferior aos peixes do grupo controle, esse valor não interfere na saúde dos peixes, pois esse valor é superior (5,61 g/dL) ao encontrado em tambaquis alimentados com inclusão de 15% de farinha do tubérculo da mandioca na dieta, e não foi relatado impacto negativo na saúde e no desempenho de crescimento dos peixes (Aride et al., 2016).

Apesar das diferenças significativas nas variáveis CAA, CRA, IDA, HB, CL e BT não foram observadas alterações na saúde do tambaqui nas variáveis hematológicas, bioquímicas e imunológicas causada pela utilização dos subprodutos da mandioca. Os compostos tóxicos presentes na folha de mandioca, não comprometem a saúde dos peixes. Portanto, os processos de desidratação, trituração e cozimento (extrusão) durante a produção das dietas diminuíram a quantidade dos compostos tóxicos (glicosídeos cianogênicos), sendo estes processamentos suficiente para anular seus efeitos tóxicos nos tambaquis alimentados com as dietas contendo este ingrediente (Hisano et al., 2008).

A quitina presente na farinha de BSF colaborou para a redução do colesterol dos peixes alimentados com as dietas contendo farinha de BFS, e isto está de acordo com o observado por Li et al., (2017). A quitina após ser degradada pela quitinase presente nos peixes, é convertida em quitosana que, por sua vez é capaz de reduzir o colesterol, como já foi observada em outros modelos de animais de experimentação (Sugano et al., 1980). A diminuição do colesterol nos tambaquis está de acordo com o observado em estudos tanto por causar hipocolesteronemia quanto por melhorar a imunidade de animais, principalmente na piscicultura (Abdel-Ghany e Salem, 2020).

A folha de mandioca contém carotenoides (Adewusi e Bradbury, 1993) que contribuíram na pigmentação do filé dos peixes. Esta alteração na coloração também foi observada em estudos realizados com dietas contendo folha de mandioca na alimentação de Jundiás (*Rhamdia quelen*) e carpa (*Cyprinus carpio*), que apresentaram maior índice de amarelecimento dos filés (Yuangsoi et al., 2010; Tyska et al., 2013). Além disso, dietas contendo carotenóides em sua composição atuam como fonte de vitamina, proteção hepática e participam em processos na resposta ao estresse e atividade do sistema imune (Aslani e Ghobadi, 2016). Os peixes, não são capazes de sintetizar carotenóides, assim, precisam ser supridos via dieta. Neste sentido a farinha da parte aérea da mandioca é um potencial ingrediente para suprir essa necessidade nas dietas para peixes (García-Chavarría e Lara-Flores, 2013; Danielle 2019). A utilização da farinha da parte aérea da mandioca

alterou a coloração do filé dos tambaquis e isto pode interferir na aceitação do peixe pelo consumidor, positivamente no estado do Amazonas que associa o amarelecimento com qualidade ou negativamente em outras regiões do país que relaciona o amarelecimento com processos de rancificação. Assim, recomenda-se a realização de testes de análise sensorial para avaliação da preferência do consumidor.

6. Conclusão

As dietas amazônicas não apresentaram deficiência de aminoácidos essenciais quando comparado com a dieta comercial, porém todas as dietas apresentaram nível de metionina + cistina inferior ao exigido pelo tambaqui. Apesar do crescimento ter sido similar, os peixes alimentados com as dietas amazônicas apresentaram maior conversão alimentar devido, provavelmente, ao baixo aproveitamento da parte aérea da mandioca. Os parâmetros hematológicos, plasmáticos e imunológicos estavam dentro do intervalo encontrado para tambaquis saudáveis na literatura. Os carotenoides presentes na farinha da parte aérea da mandioca contribuíram para o amarelecimento do filé dos peixes. A utilização da farinha de BSF e subprodutos da cadeia produtiva da mandioca podem contribuir para o desenvolvimento da aquicultura amazônica, porém sugerem-se maiores estudos sobre o nível de inclusão da parte aérea da mandioca em dietas para tambaqui, bem como a avaliação da aceitação do filé amarelecido do peixe pelos consumidores.

7. Agradecimentos

Agradecemos a todos os integrantes do Projeto Gigas do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, que nos auxiliaram na condução do experimento e análises laboratoriais e, a empresa Cyns pela doação da farinha de BSF.

8. Financiamento

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM que concedeu recursos financeiros para a pesquisa (010/2022-PDCA/AM); ao Programa de Desenvolvimento da Pós-Graduação (PDPG-FAPEAM/CAPES) (Processo 88887.641325/2021-00) pela bolsa de mestrado a F.M.D.; ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Brazil's National Council for Scientific and Technological Development–CNPq) for

the research fellowship to L.U.G (Process 312492/2021-9); a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pelo apoio financeiro ao programa de pós-graduação.

9. Referências

- Abdel-Ghany, H.M.; Salem, M.E.S. 2020. Effects of dietary chitosan supplementation on farmed fish; a review. *Reviews in Aquaculture*, 12: 438-452.
- Adewusi, S.R.A.; Bradbury, J.H. 1993. Carotenoids in Cassava: comparison of open column and HPLC methods of analysis. *Journal of Science Food Agricultural*, London, 62: 375-383.
- Amâncio, A.L.L.; Silva, J.H.L.; Lima, C.B.; Araújo, J.A.; Coelho, M.S.; Oliveira, E.R.A. 2010. Valor nutricional da silagem de pescado e utilização na alimentação Animal. *Boletim Técnico Científico do Cepnor*, 10: 79-93
- Andrade, T.V.; Santos, R.N.V.; Araujo, D.J.; Braulino, D.D.S.; Moura, M.D.; Borges, L.D.S. 2015. Efeito de fatores antinutricionais encontrados nos alimentos alternativos e seu impacto na alimentação de não ruminantes. *Revista Eletrônica Nutritime*, 12: 4393-4399.
- AOAC. 2010. Official methods of analysis of the AOAC (18th ed.). AOAC International.
- Arantes, M.L.; Freitas, C.E.C. 2016. Effects of fisheries zoning and environmental characteristics on population parameters of the tambaqui (*Colossoma macropomum*) in managed floodplain lakes in the Central Amazon. *Fisheries Management and Ecology*, 23: 133–143.
- Aride, P.H.R.; Oliveira, A.T.; Oliveira, A.M.; Ferreira, M.S.; Baptista, R.B.; Santos, S.M.; Pantoja-Lima, J. 2016. Growth and hematological responses of tambaqui fed different amounts of cassava (*Manihot esculenta*). *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 68: 1697-1704.
- Aslani, B.A.; Ghobadi, S. 2016. Studies on oxidants and antioxidants with a brief glance at their relevance to the immune system. *Life sciences*, 146: 163-173.
- Barragan-Fonseca, K.B.; Dicke, M.; Van Loon, J.J.A. 2017. Nutritional value of the black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) and its suitability as animal feed—a review. *Journal of Insects as Food and Feed*, 3: 105-120.
- Bomfim, M.A.D.; Marchão, R.S.; Ribeiro, F.B.; Siqueira, J.C.; Silva, L.R.; Takishita, S.S. 2020. Exigência de triptofano digestível para alevinos de tambaqui (*Colossoma macropomum*). *Revista Ciência Agronômica*, v. 51.
- Brow, B.A., 1976. Hematology: principles and procedures. Lea & Febiger. Philadelphia 336.
- Buddington e Hilton, 1987;
- Buzollo, H.; Sandre, L.C.G.; Neira, L.M.; Nascimento, T.M.T.; Jomori, R.K.; Carneiro, D.J. 2019. Digestible protein requirements and muscle growth in juvenile tambaqui (*Colossoma macropomum*). *Aquaculture Nutrition*, 25: 669–679.

- CIE. 1976. Recommendations on Uniform Colour Spaces-Colour Difference Equations, Psychometric Colour Terms; CIE Publ. No. 15; Commission Internationale de l'Éclairage: Paris, France.
- CONCEA Normative resolution n°37, of February 15, 2018. Published online <https://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/institucional/concea/paginas/legislacao.html>.
- Costa, J.I.; Carneiro, D.J.; Oliveira, A.C.; Jomori, R.K.; Martins, M.I. 2023. Using stable isotopes (C and N) to determine plankton contribution in tambaqui juvenile growth in earthen ponds. *Aquaculture International*, p. 1-11.
- Da Costa, T.V.; dos Santos Silva, R.R.; de Souza, J.L.; de Souza Batalha, O.; Hoshiba, M.A. 2018. Aspectos do consumo e comércio de pescado em Parintins. *Boletim do Instituto de Pesca*, 39: 63-75.
- Danielle, F.; Safeena, S.A.; Manju, N.L.; Chaki, S.; Sreekanth, G.B.; Singh, N.P. 2019. Evaluation of Natural Carotenoid Sources from *Rosa hybrida* Varieties on Growth and Pigmentation of Goldfish (*Carassius auratus* L.). *National Academy Science Letters*, 42: 199-204.
- Dantas, A.G.M.; Paulo, J.L.A.; Guerra, M.G.; Freitas, M.O. 2010. Análises bromatológicas de onze cultivares de mandioca. *Revista Caatinga*, 23: 130-136.
- De Carvalho, P.L.P.F.; Silva, R.L.; Botelho, R.M.; Damasceno, F.M.; Rocha, M.K.H.R.; Pezzato, L.E. 2012. Valor nutritivo da raiz e folhas da mandioca para a tilápia do Nilo. *Boletim do Instituto de Pesca*, 38: 61-69.
- Dhingra, D.; Michael, M.; Rajput, H.; Patil, R.T. 2012. Dietary fibre in foods: a review. *Journal of food science and technology*, 49: 255-266.
- Dos Santos, D.K.M.; Freitas, O.R.; Oishi, C.A.; Da Fonseca, F.A.L.; Parisi, G.; Gonçalves, L.U. 2023. Full-Fat Black Soldier Fly Larvae Meal in Diet for Tambaqui, *Colossoma macropomum*: Digestibility, Growth Performance and Economic Analysis of Feeds. *Animals*, v. 13, n. 3, p. 360.
- Dos Santos, D.K.M.; Santana, T.M.; Dantas, F.M.; Sena Farias, A.B.; Epifânio, C.M.F.; Prestes, A.G.; Fonseca, F.A.L.; Parisi, G.; Viegas, E.M.M.; Gonçalves, L.U. 2022. Defatted black soldier fly larvae meal as a dietary ingredient for tambaqui (*Colossoma macropomum*): Digestibility, growth performance, haematological parameters, and carcass composition. *Aquaculture Research*, 53: 6762-6770.
- Effiong, B.N.; Sanni, A.; Sogbesan, O.A. 2009. Comparative studies on the binding potential and water stability of Duckweed Meal, Corn Starch and Cassava Starch. *New York Science Journal*, 2: 50-57.
- FAO. 2020. The State of World Fisheries and Aquaculture. Sustainability in action. Rome. <https://doi.org/10.4060/ca9229en>.
- Fazio, F. 2019. Fish hematology analysis as an important tool of aquaculture: A review. *Aquaculture*, 500: 237-242.

- Feltes, M.M.C.; Correia, J.F.G.; Beirão, L.H.; Block, J.M.; Ninow, J.L.; Spiller, V.R. 2010. Alternativa para a agregação de valor aos resíduos da industrialização de peixe. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14: 669-667.
- Ferreira, S.J.F.; Luizão, F.J.; F.Miranda, S.A.; Silva, M.S.R.; Vital, A.R.T. 2006. Nutrientes na solução do solo em floresta de terra firme na amazônia central submetida à extração seletiva de madeira. *Revista Acta Amazônica*, 36: 59-68.
- García-Chavarría, M.; Lara-Flores, M. 2013. The use of carotenoid in aquaculture. *Research Journal of Fisheries and Hydrobiology*, 8: 38-49.
- Goldenfarb, P.B.; Bowyer, F.P.; Hall, E. 1971. Reproducibility in the hematology laboratory: the microhematocrit determination. *American Journal of Clinical Pathology*. New York 56, 35-39.
- Gottlieb, M.G.V.; Cruz, I.B. M.D.; Bodanese, L.C. 2008. Origem da síndrome metabólica: aspectos genético-evolutivos e nutricionais. *Sci Med*, 18: 31-8.
- Graham, H. 1993. The physical and chemical constitution of foods: effects on carbohydrate digestion. In: FULLER, M. F. (Ed.). *In vitro digestion for pigs and poultry*. Aberdeen: CAB International, p. 35-44.
- Hilsdorf, A.W.S.; Hallerman, E.; Valladão, G.M.R. et al. 2022. The farming and husbandry of *Colossoma macropomum*: From Amazonian waters to sustainable production. *Reviews in Aquaculture*, 14: 993-1027.
- Hisano, H.; Maruyama, M.R.; Ishikawa, M.M.; Melhorança, A.L.; Otsubo, A.A. 2008. Potencial da Utilização da Mandioca na Alimentação de Peixes. Documentos da Embrapa Nº. 94. Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 29 p. Hisano, H.; Pietro, P.S., Barros, M.M., Pezzato, L.E. 2013. Composição bromatológica e digestibilidade aparente da parte aérea seca da mandioca na alimentação de tilápias-donilo. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. 48: 1119-1123.
- Hoseini, S.M.; Majidiyan, N.; Mirghaed, A.T.; Hoseinifar, S.H.; Doan, H.V. 2022. Dietary glycine supplementation alleviates transportation-induced stress in common carp, *Cyprinus carpio*. *Aquaculture*, 551: 737959.
- Hoseini, S.M.; Pérez-Jiménez, A.; Costas, B.; Azeredo, R.; Gesto, M. 2019. Physiological roles of tryptophan in teleosts: current knowledge and perspectives for future studies. *Reviews in Aquaculture*, 11: 3-24.
- IBGE. 2021. Produção Agrícola – Lavoura temporária. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/am/pesquisa/14/10334?indicador=10335&ano=2020cc> c. Acesso em: 29 de janeiro de 2023.
- Janssen, R.H.; Vincken, J.P.; Van Den Broek, L.A.M.; Fogliano, V.; Lakemond, C.M.M. 2017. Nitrogen-to-protein conversion factors for three edible insects: *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus*, and *Hermetia illucens*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65, 2275-2278.
- Jiang, W.; Wen, H.; Liu, Y et al. 2015. The tight junction protein transcript abundance changes and oxidative damage by tryptophan deficiency or excess are related to the modulation of the

- signalling molecules, NF- κ B p65, TOR, caspase-(3, 8, 9) and Nrf2 mRNA levels, in the gill of young grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*). *Fish & shellfish immunology*, 46: 168-180.
- Kannadhasan, S.; Muthukumarappan, K.; Rosentrater, K.A. 2011. Effect of starch sources and protein content on extruded aquaculture feed containing DDGS. *Food and Bioprocess Technology*, 4: 282-294.
- Kaushik, S.J.; Panserat, S.; Schrama, J.W. 2022. Carbohydrates. In: *Fish Nutrition*. Hardy, R.W.; Kaushik, S.J. (eds). Elsevier, Fourth Edition, 555-592p.
- Kenis, M.; Bouwassi, B.; Bofo, H.; Devic, E.; Han, R.; Koko, G. et al. 2018. Small-scale fly larvae production for animal feed. In: Halloran, A.; Flore, R.; Vantomme, P.; Roos, N. (Ed) *Edible insects in sustainable food systems*, Springer, New York, NY, USA, p. 239- 261.
- Kirchner, S.; Kaushik, S.; Panserat, S. 2003. Effect of partial substitution of dietary protein by a single gluconeogenic dispensable amino acid on hepatic glucose metabolism in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 134: 337-347.
- Kuz'mina, V.V. 1996. Influence of age on digestive enzyme activity in some freshwater teleosts. *Aquaculture*, 148: 25-37.
- Li, S.; Ji, H.; Zhang, B.; Zhou, J.; Yu, H. 2017. Defatted black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal in diets for juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian): Growth performance, antioxidant enzyme activities, digestive enzyme activities, intestine and hepatopancreas histological structure. *Aquaculture*, 477: 62-70.
- Liebl, A.R.S.; Cáo, M.A.; Nascimento, M.S et al. 2022. Dietary lysine requirements of *Collossoma macropomum* (Cuvier, 1818) based on growth performance, hepatic and intestinal morphohistology and hematology. *Veterinary Research Communications*, p. 1-17.
- Lima, C.A.S.; Machado Bussons, M.R.F.; Oliveira, A.T.; Aride, P.H.R.; Almeida-O'Sullivan, F.L.; Pantoja-Lima, J. 2020. Socioeconomic and profitability analysis of tambaqui *Collossoma macropomum* fish farming in the state of Amazonas, Brazil. *Aquaculture Economics & Management*, 24: 406-421.
- Lima, J.D.F.; Montagner, D.; Duarte, S.S.; Yoshioka, E.T.O.; Dias, M.K.R.; & Tavares-Dias, M. 2019. Recirculating system using biological aerated filters on tambaqui fingerling farming. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 54, e00294.
- Lukuyu, B.; Okike, I.; Duncan, A.; Beveridge, M.; Blümmel, M. 2014. Use of cassava in livestock and aquaculture feeding programs. *ILRI Discuss. Pap.* 25 1–83.
- Maas, R.M.; Verdegem, M.C.J.; Wiegertjes, G.F.; Schrama, J.W. 2020. Carbohydrate utilisation by tilapia: a meta-analytical approach. *Reviews in Aquaculture*, 12: 1851-1866.
- Madalla, N.; Agbo, N.W.; Jauncey, K. 2016. Evaluation of ground-sundried cassava leaf meal as protein source for Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* (L) Juvenile's Diet. *Tanzania Journal of Agricultural Sciences*, v. 15, n. 1.

- Magalhães, R.; Sánchez-López, A.; Leal, R.S.; Martínez-Llorens, S.; Oliva-Teles, A.; Peres, H. 2017. Black soldier fly (*Hermetia illucens*) pre-pupae meal as a fish meal replacement in diets for European seabass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*, 476, 79–85.
- Mai, K.; Xue, M.; He, G.; Xie, S.Q. 2022. Protein and amino acids. In: *Fish Nutrition*. Hardy, R.W.; Kaushik, S.J. (eds). Elsevier, Fourth Edition, 181-302p.
- Marchão, R.S.; Ribeiro, F.B.; Siqueira, J.C et al. 2020. Digestible lysine requirement for Tambaqui (*Colossoma macropomum*) juveniles using the diet dilution technique. *Aquaculture Reports*, v. 18, p. 100482.
- Martins, G.P.; Mazini, B.S.M.; Campos, M.A.F.; Oliveira, D.S.; Guimarães, I.G. 2019. Effect of replacing fish meal protein by crystalline amino acid and soy protein concentrate on growth, feed utilization, and metabolism of tambaqui *Colossoma macropomum* juveniles. *Journal of the World Aquaculture Society*, 51: 1250–1269.
- Medeiros, P.A 2022. Ingredientes e dietas aplicadas à piscicultura familiar na Amazônia. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Aquicultura (PPG-AQUI) da Universidade Nilton Lins em ampla associação com o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Manaus, Amazonas, 121pp.
- Neves, V.J.M. 2004. Uso do resíduo da produção de farinha de mandioca (crueira) na produção de álcool fino. Dissertação de Mestrado, Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agrônômicas Campus de Botucatu, Botucatu, São Paulo, 64pp.
- Nogales-Mérida, S.; Gobbi, P.; Józefiak, D.; Mazurkiewicz, J.; Dudek, K.; Rawski, M.; Józefiak, A. 2019. Insect meals in fish nutrition. *Reviews in Aquaculture*, 11: 1080-1103.
- Oghenejoboh, K.M.; Orugba, H.O.; Oghenejoboh, U.M.; Agarry, S.E. 2021. Value added cassava waste management and environmental sustainability in Nigeria: A review. *Environ. Challenges* 4, 100127.
- Ordoñez, B.M.; Santana, T.M.; Carneiro, D.P.; Santos, D.K.M.; Parra, G.A.P.; Moreno, L.C.C.; Teixeira Filho, N.P.; Aguilar, F.A.A.; Yamamoto, F.Y.; Gonçalves, L.U. 2022. Whole Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia illucens*) as Dietary Replacement of Extruded Feed for Tambaqui (*Colossoma macropomum*) Juveniles. *Aquaculture Journal*, 2: 246-256.
- Oresegun, A.; Fagbenro, O.A.; Ilona, P.; Bernard, E. 2016. Nutritional and anti-nutritional composition of cassava leaf protein concentrate from six cassava varieties for use in aqua feed. *Cogent Food Agric.* 2.
- Passos, L.H.S. 2013. A logística de transportes na Amazônia Ocidental: desafios, limitações e importância para o desenvolvimento do Estado de Roraima. *Revista de Administração de Roraima-RARR*, 3: 4-18.
- Peixe BR, 2020. Anuário Peixe BR da Piscicultura Brasileira. p. 136. <http://www.peixebr.com.br>.
- Pereira Junior, G.P.; Pereira, E.M.O.; Filho, M.P.; Barbosa, P.S.; Shimoda, E.; Brandão, L.V. 2013. Desempenho produtivo de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818) alimentados com rações contendo farinha de crueira de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) em substituição ao milho (*Zea mays*). *Acta amazônica*, 43: 217-226.

- Pereira Junior, G.P.; Pereira, E.M.O.; Filho, M.P.; Barbosa, P.S.; Shimoda, E.; Brandão, L.V. 2013. Desempenho produtivo de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818) alimentados com rações contendo farinha de crueira de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) em substituição ao milho (*Zea mays*). *Acta amazônica*, 43: 217-226.
- Perry, Steven F.; Lambertz, Markus; Schmitz, Anke. 2019. *Biologia Respiratória dos Animais: morfologia evolutiva e funcional*. Oxford University Press.
- Ranzani-Paiva, M.J.T.; Pádua S.B.; Tavares-Dias, M.; Egami, M.I. 2013. Métodos para análise hematológica em peixes. Eduem, Maringá, PR, Brasil. 135pp.
- Rocha, A.S.; Copatti, C.E.; Marchão, R.S et al. 2023. Assessment of methionine plus cystine requirement of tambaqui (*Colossoma macropomum*) based on zootechnical performance, body composition, erythrogram, and plasmatic and hepatic metabolites. *Veterinary Research Communications*, p. 1-15.
- Rocha, G.G.C.; Santos, A.M.; Costa, S.S.; Bispo, D.F.; de Souza, R.R.; Pagano, R.L.; Silva, C.F. 2016. Crueira: resíduo agroindustrial sólido rico em amido. *Scientia Plena*, 12(5).
- Rodrigues, R.A.; do Nascimento Silva, A.L.; Siqueira, M.S.; Pilarski, F.; Leal, C.R.B.; Kuibida, K.V.; de Campos, C.M.; Fernandes, C.E. 2020. Hematological, biochemical, and histopathological responses in sorubim *Pseudoplatystoma* spp. experimentally infected with *Lactococcus garvieae*. *Aquaculture international*, 28: 1907–1923.
- Rossi Jr, W.; Allen, K.M.; Habte-Tsion, H.M.; Meesala, K.M. 2021. Supplementation of glycine, prebiotic, and nucleotides in soybean meal-based diets for largemouth bass (*Micropterus salmoides*): Effects on production performance, whole-body nutrient composition and retention, and intestinal histopathology. *Aquaculture*, v. 532, p. 736031.
- Rostagno, H.S. et al. 2017. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 4.ed. Universidade Federal de Viçosa, 488p.
- Rust, M.B. 2002. Nutritional Physiology. In: Halver, J.E.; Hardy, R.W. (Eds.), *Fish nutrition*. Academic Press, Florida, USA, p. 368-446.
- Sales, R.O.; Oliveira, A.C. 2015. Evaluation of chemical composition, mineral, amino acid profile and fatty acid acid silage of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) cultured in Indaiatuba - SP 1. *Brazilian Journal of Hygiene and Animal Sanity*, v.9, 560 n.3.
- Secci, G.; Parisi, G. 2016. From farm to fork: Lipid oxidation in fish products. A review. *Italian Journal of Animal Science*, 15: 124-136.
- Silva, J.A.M.; Pereira-Filho, M.; Oliveira-Pereira, M.I. 2000. Seasonal variation of nutrients and energy in tambaqui's (*Colossoma Macropomum* Cuvier, 1818) natural food. *Revista Brasileira de Biologia*, 60: 599-605.
- Sinha, A.K.; Kumar, V.; Makkar, H.P.S.; Boeck, G.; Becker, K. 2011. Non-starch polysaccharides and their role in fish nutrition—A review. *Food Chemistry*, 127: 1409-1426.
- Soares, J.M.; Gomes, J.M.; Reis, G.C.L.; Hoyos, D.C.M.; Custódio, F.B.; Gloria, M.B.A. 2021. Biogenic amines in amazonian fish and their health effects are affected by species and season of capture. *Food Control*, v. 123, p. 107773.

- Soares, K.J.A.; Ribeiro, F.B.; Bomfim, M.A.D.; Marchão, R.S. 2017. Valor nutricional de alimentos alternativos para tambaqui (*Colossoma macropomum*). *Archivos de Zootecnia*, 66: 491-497.
- Soares, K.J.A.; Ribeiro, F.B.; Bomfim, M.A.D.; Marchão, R.S. 2017. Valor nutricional de alimentos alternativos para tambaqui (*Colossoma macropomum*). *Archivos de Zootecnia*, 66: 491-497.
- SUDAM. 2023. Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia - Plano Regional de Desenvolvimento Sustentável da Amazônia. <http://repositorio.sudam.gov.br/sudam/prda/publicacoes-institucionais/prda-2020-2023.pdf/view>. Acesso em: 08 de fevereiro de 2023.
- Sugano, M.; Fujikawa, T.; Hiratsuji, Y.; Nakashima, K.; Fukuda, N.; Hasegawa, Y. 1980. A novel use of chitosan as a hypocholesterolemic agent in rats. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 33: 787–793.
- Teixeira Filho, N.P. 2018. Devoradores de lixo: Aspectos biológicos, produtivos e nutricionais da Mosca Solda Negra, *Hermetia illucens* (L., 1758) (Diptera; Stratiomyidae) em resíduos orgânicos em Manaus, AM. Universidade Federal do Amazonas (Dissertação de Mestrado). Manaus. 77p.
- Tyska, D.; Mallmann, C.A.; Corrêia, V.; Tamiosso, C.D.; Mallmann, A.O.; Radünz Neto, J. 2013. Concentrados proteicos vegetais na alimentação de Jundiás (*Rhamdia quelen*). *Ciência Rural*, 43: 1251-1257.
- Veldkamp, T.; van Duinkerken, G.; van Huis, A.; Ottevanger, E.; Bosch, G.; van Boekel, T. 2012. Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets: A feasibility study. *Food Chem*, 50: 192–195.
- Verbeke, W.; Marcu, A.; Rutsaert, P.; Gaspar, R.; Seibt, B.; Fletcher, D.; Barnett, J. 2015. Would you eat cultured meat?: Consumers' reactions and attitude formation in Belgium, Portugal and the United Kingdom.
- Xie, S.; Zhou, W.; Tian, L.; Niu, J.; Liu, Y. 2016. Effect of N-acetyl cysteine and glycine supplementation on growth performance, glutathione synthesis, anti-oxidative and immune ability of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Fish & shellfish immunology*, 55: 233-241.
- Yuangsoi, B.; Jintasataporn, O.; Areechon, N.; Tabthipwon, P. 2010. The use of natural carotenoids and growth performance, skin pigmentation, and immune response in fancy carp (*Cyprinus carpio*). *Journal of Applied Aquaculture*, 22: 267-283.
- Zacardi, D.M.; Ponte, S.C.S.; Silva, A.J.S. 2014. Caracterização da pesca e perfil dos pescadores artesanais de uma comunidade às margens do rio Tapajós, Estado do Pará. *Amazônia: Ciência e Desenvolvimento*, 10: 129-148.