

Campus Jaru
**Coordenação do Curso de Medicina
Veterinária**

LÍDIA SOUZA DA SILVA ROCHA

**PROSPECÇÃO DA CASCA DA AMÊNDOA DE CACAU (*THEOBROMA CACAO L.*) COMO
INGREDIENTE EM DIETAS PARA JUVENIS DE TAMBAQUI, *COLOSSOMA*
MACROPOMUM (CUVIER, 1818)**

JARU/R0

2026

LÍDIA SOUZA DA SILVA ROCHA

**PROSPECÇÃO DA CASCA DA AMÊNDOA DE CACAU (*THEOBROMA CACAO L.*) COMO
INGREDIENTE EM DIETAS PARA JUVENIS DE TAMBAQUI, *COLOSSOMA*
MACROPOMUM (CUVIER, 1818)**

Artigo entregue como Trabalho de Conclusão de Curso ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), Campus Jarú como requisito parcial para obtenção do grau de bacharelado, junto ao Curso de Medicina Veterinária, sob a orientação do professor Dr. Thiago Macedo Santana.

JARU/RO
2026

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Gerador de Ficha Catalográfica do IFRO.

Rocha, Lúdia Souza da Silva.

Prospecção da casca da amêndoa de cacau (*Theobroma cacao* L.) como ingrediente em dietas para juvenis de tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) / Lúdia Souza da Silva Rocha. - Jarú, 2026.

23 f. : il.

Orientador(a): Prof. Dr. Thiago Macedo Santana.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Medicina Veterinária) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO, Jarú, 2026.

1. Nutrição de peixes. 2. Qualidade de péletes. 3. Ração aquícola. 4. Coproduto. 5. Agroindustrial. I. Santana, Thiago Macedo (orient.). II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO. III. Título.

Bibliotecário(a) Responsável: Priscila Gomes de Sousa, CRB-11/1121

LÍDIA SOUZA DA SILVA ROCHA

**PROSPECÇÃO DA CASCA DA AMÊNDOA DE CACAU (*THEOBROMA CACAO L.*) COMO
INGREDIENTE EM DIETAS PARA JUVENIS DE TAMBAQUI, *COLOSSOMA*
MACROPOMUM (CUVIER, 1818)**

Artigo entregue como Trabalho de Conclusão de Curso ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), Campus Jaru como requisito parcial para obtenção do grau de bacharela, junto ao Curso de Medicina Veterinária, sob a orientação do professor Dr. Thiago Macedo Santana.

Aprovado em: 03/08/2026 pela banca examinadora

Documento assinado digitalmente
 **MARCOS JOSE DE OLIVEIRA**
Data: 05/08/2026 17:26:21-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^o Me Marcos Jose de Oliveira
Membro da Banca

Documento assinado digitalmente
 **LAURENA SILVA RODRIGUES**
Data: 05/08/2026 12:27:47-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a Dra. Laurena Silva Rodrigues
Membro da Banca

Documento assinado digitalmente
 **THIAGO MACEDO SANTANA**
Data: 05/08/2026 12:23:39-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^o Dr Thiago Macedo Santana
Orientado

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço ao Senhor Jesus Cristo, autor e consumidor da minha fé. Foi Ele quem sustentou meus passos durante toda esta caminhada, fortaleceu meu coração nos momentos de dificuldade e me concedeu sabedoria, coragem e perseverança para chegar até aqui. A Ele toda honra, toda glória e todo o meu louvor.

À minha mãe, Maria de Lourdes Souza, dedico esta conquista com todo o amor do meu coração. A vida nem sempre foi fácil para nós, mas, mesmo diante das limitações e das dificuldades, a senhora nunca deixou de cuidar de mim quando eu mais precisei. Obrigada por me acolher em sua casa, por permanecer ao meu lado nos momentos de enfermidade e por demonstrar seu amor através do cuidado. Se hoje realizo este sonho, é porque, de alguma forma, ele começou com a senhora. Esta conquista também é sua, pois representa uma história de luta, recomeços e esperança. A senhora, mãe, dedico esta vitória com toda a minha gratidão e amor.

Ao meu esposo, Wesley Ferreira Rocha, e ao meu filho, Victor Emanuel Souza Ferreira, agradeço pelo amor, pela compreensão e incentivo constante. Vocês foram minha força e minha maior motivação para seguir em frente.

Aos meus irmãos, especialmente a Sirlene Souza Silva e ao César Souza Silva, agradeço pelo carinho e apoio. À minha prima, Andreia Correia de Souza, minha eterna gratidão por ter me incentivado a retornar à vida acadêmica. Seu apoio foi essencial para que este sonho se tornasse realidade.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Thiago Macedo Santana, e ao meu coorientador, Prof. Dr. Hilton Lopes Junior, expresso minha sincera gratidão pela dedicação, paciência, disponibilidade e pelos valiosos ensinamentos compartilhados ao longo do desenvolvimento desta pesquisa. Suas orientações, incentivo e conhecimentos foram fundamentais para a realização e conclusão deste trabalho. Ao IFRO – Campus Jaru e a todos os professores do curso de Medicina Veterinária, minha gratidão pelos ensinamentos que contribuíram para minha formação.

Por fim, agradeço a todos os familiares, amigos e pessoas que de alguma forma fizeram parte desta caminhada. Esta conquista representa muito mais do que a conclusão de uma graduação; representa a fidelidade de Deus e a certeza de que nunca é tarde para recomeçar e lutar pelos nossos sonhos.

Prospecção da casca da amêndoa de cacau (*Theobroma cacao L.*) como ingrediente em dietas para juvenis de tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818)

Evaluation of cocoa bean shell (*Theobroma cacao L.*) as an ingredient in diets for juvenile tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818)

Prospección de la cáscara del grano de cacao (*Theobroma cacao L.*) como ingrediente en la alimentación de ejemplares jóvenes de tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818)

DOI: 10.34188/bjaerv9n3-073

Originals received: 6/20/2026

Acceptance for publication: 7/20/2026

Lídia Souza da Silva Rocha

Graduada em Medicina Veterinária

Instituição: Instituto Federal de Rondônia (IFRO)

Endereço: Jarú, Rondônia, Brasil

E-mail: lidiasouzasilva21@gmail.com

Murilo Marquiori

Graduado em Medicina Veterinária

Instituição: Instituto Federal de Rondônia (IFRO)

Endereço: Jarú, Rondônia, Brasil

E-mail: marquiorimurilo@gmail.com

Anny Marielly da Costa Souza

Graduanda em Técnico em Zootecnia

Instituição: Instituto Federal de Rondônia (IFRO)

Endereço: Jarú, Rondônia, Brasil

E-mail: costasouzaannymarielly@gmail.com

Victor Emanuel Souza Ferreira

Graduando em Técnico em Agroecologia

Instituição: Escola Família Agrícola Dom Antônio Possamai (EFA de Jarú)

Endereço: Jarú, Rondônia, Brasil

E-mail: victoremanuel.souzaferreira@gmail.com

Janaina Maria Batista de Sousa

Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos

Instituição: Instituto Federal de Rondônia (IFRO)

Endereço: Jarú, Rondônia, Brasil

E-mail: janaina.sousa@ifro.edu.br

Hilton Lopes Junior

Doutor em Biodiversidade e Biotecnologia
Instituição: Instituto Federal de Rondônia (IFRO)
Endereço: Jaru, Rondônia, Brasil
E-mail: hilton.junior@ifro.edu.br

Joao Paulo de Oliveira Santos

Doutor em Agronomia
Instituição: Instituto Federal de Mato Grosso (IFMT)
Endereço: Confresa, Mato Grosso, Brasil
E-mail: paulo.oliveira@ifmt.edu.br

Thiago Macedo Santana

Doutor em Ciência Animal
Instituição: Instituto Federal de Rondônia (IFRO)
Endereço: Jaru, Rondônia, Brasil
E-mail: thiago.santana@ifro.edu.br

RESUMO

A produção de chocolate a partir da amêndoa do cacau (*Theobroma cacao*), gera de resíduo as cascas das amêndoas que são separadas e descartadas. Contudo a composição centesimal das cascas das amêndoas de cacau possui componentes nutricionais com potencial para inclusão como ingredientes para alimentação animal. Assim, o presente estudo avaliou diferentes níveis de inclusão da casca da amêndoa do cacau na formulação de dietas para juvenis de tambaqui, por meio da avaliação da qualidade física dos péletes. O resíduo foi adquirido após o processamento da agroindústria do chocolate, moído e avaliado suas características físico-químicas. Com a composição química foi formulada a inclusão de diferentes níveis (0, 3, 6, 9 e 12%), em uma formulação que atendesse as necessidades nutricionais de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*). Após a produção das rações experimentais, foram avaliadas as variáveis de qualidade física dos péletes. Das variáveis avaliadas somente a produção de finos não foi significativamente diferente das inclusões testadas. A avaliação dos resultados mostrou que a inclusão de 6% foi a que apresentou melhor desempenho de qualidade física dos péletes. As variáveis de digestibilidade com a taxa de expansão e o índice de durabilidade do pélete com a densidade aparente apresentaram alto coeficiente de correlação. O resíduo da casca da amêndoa do cacau apresenta potencial para ser usado como ingrediente na formulação de dieta animal. Para uma formulação de juvenis de tambaqui, a inclusão de 6% foi a que apresentou melhor qualidade física dos péletes. Com o uso da casca da amêndoa do cacau pode-se reduzir o custo de produção das dietas, além de ser uma destinação que atende aos princípios da sustentabilidade.

Palavras-chave: nutrição de peixes, qualidade de péletes, ração aquícola, coproduto agroindustrial.

ABSTRACT

Chocolate production from cocoa beans (*Theobroma cacao*) generates cocoa bean shells as a by-product, which are separated and commonly discarded. However, the proximate composition of cocoa bean shells indicates the presence of nutritional components with potential for inclusion as ingredients in animal feed formulations. Therefore, this study evaluated different inclusion levels of cocoa bean shell in diets for juvenile tambaqui

(*Colossoma macropomum*) by assessing the physical quality of feed pellets. The by-product was obtained from a chocolate-processing agroindustry, ground, and subjected to physicochemical characterization. Based on its chemical composition, experimental diets containing 0, 3, 6, 9, and 12% cocoa bean shell were formulated to meet the nutritional requirements of juvenile tambaqui. After feed production, the physical quality of the pellets was evaluated. Among the analyzed variables, only fines production was not significantly affected by the inclusion levels. The results showed that the diet containing 6% cocoa bean shell exhibited the best overall pellet physical quality. Digestibility showed a high correlation with pellet expansion rate, while pellet durability index was highly correlated with apparent density. Cocoa bean shell has potential for use as an alternative ingredient in animal feed formulations. For diets formulated for juvenile tambaqui, the inclusion level of 6% provided the best pellet physical quality. Furthermore, the use of cocoa bean shell may reduce feed production costs while providing an environmentally sustainable destination for this agro-industrial by-product.

Keywords: fish nutrition, pellet, quality, aquafeed, agro-industrial by-product.

RESUMEN

La producción de chocolate a partir de granos de cacao (*Theobroma cacao*) genera cáscaras de cacao como residuo, las cuales se separan y desechan. Sin embargo, la composición centesimal de las cáscaras de cacao posee componentes nutricionales con potencial para su inclusión como ingredientes en la alimentación animal. Por lo tanto, este estudio evaluó diferentes niveles de inclusión de cáscaras de cacao en la formulación de dietas para tambaqui juvenil, mediante la evaluación de la calidad física de los pellets. El residuo se obtuvo tras su procesamiento en la agroindustria del chocolate, se molió y se evaluaron sus características fisicoquímicas. Con base en la composición química, se formuló una inclusión de diferentes niveles (0, 3, 6, 9 y 12%) que cubriera las necesidades nutricionales del tambaqui juvenil (*Colossoma macropomum*). Tras la producción de las dietas experimentales, se evaluaron las variables de calidad física de los pellets. De las variables evaluadas, solo la producción de finos no presentó diferencias significativas entre las inclusiones probadas. La evaluación de los resultados mostró que la inclusión del 6% resultó en la mejor calidad física de los pellets. Las variables de digestibilidad, tasa de expansión e índice de durabilidad de los pellets con densidad aparente mostraron un alto coeficiente de correlación. El residuo de cáscara de cacao tiene potencial para su uso como ingrediente en la formulación de alimentos para animales. Para una formulación de tambaqui juvenil, la inclusión del 6% resultó en la mejor calidad física de los pellets. El uso de cáscara de cacao puede reducir el costo de producción de los alimentos y, además, representa un uso sostenible.

Palabras clave: nutrición de peces, calidad de los pellets, alimento para acuicultura, subproducto agroindustrial.

1 INTRODUÇÃO

O *Theobroma cacao* L. é um fruto amplamente reconhecido como a principal matéria-prima para a produção de chocolate (Guirlanda *et al.*, 2021). A produção mundial

de amêndoas de cacau é de aproximadamente 5 milhões de toneladas, tendo o continente africano como maior produtor (Nascimento *et al.*, 2025). O Brasil destaca-se, como o sexto maior produtor mundial de amêndoas de cacau, produzindo, em 2023, cerca de 296 mil toneladas (IBGE, 2024). No cenário nacional, Rondônia mantém-se na quarta posição entre os maiores produtores de cacau do Brasil desde 2016 e, no âmbito estadual, considerando a produção acumulada entre 2013 e 2022, Ariquemes ocupa a primeira posição no ranking de produção, seguido por Jaru e Buritis (Cassimiro *et al.*, 2026). Esses dados reforçam a relevância de estudos voltados ao aproveitamento sustentável dos coprodutos gerados pela cadeia produtiva do cacau.

Durante o processamento das amêndoas para a fabricação de chocolate, a casca do amêndoa do cacau (Cocoa Bean Shell – CBS), é removida, originando um coproduto da indústria chocolateira. A cadeia produtiva do cacau gera grande quantidade de resíduos agroindustriais, estimando-se que aproximadamente 80% do fruto seja constituído por coprodutos, incluindo principalmente a casca da vagem, a polpa e a casca da amêndoa (Afedzi *et al.*, 2023). Diante desse cenário, a valorização da CBS por meio de novas aplicações representa uma estratégia promissora para agregar valor à cadeia produtiva do cacau e reduzir impactos ambientais (Sánchez *et al.*, 2023).

A quantidade de CBS gerada durante o processamento do cacau é variável, oscilando entre 12% e 20% da massa total da semente. Essa variação decorre das técnicas de extração e separação empregadas, podendo o percentual ser elevado caso parte das amêndoas fiquem aderidas nas cascas, o que naturalmente acontece (Mendes e Lima, 2007).

A CBS apresenta em sua composição carboidratos, lipídios, fibras, proteínas e compostos bioativos, como polifenóis e teobromina. O teor de proteína bruta pode variar entre 13% e 18%, enquanto a fibra bruta oscila entre 13% e 55%, dependendo do processamento e da origem do fruto (Macusi *et al.*, 2023).

A CBS foi avaliada na dieta de suínos e a inclusão de 20% se mostrou eficiente na substituição do milho (Ogunsipe *et al.*, 2017). Em outro estudo realizado com suínos, a inclusão de 7,5% na dieta por três semanas promoveu alterações benéficas na microbiota intestinal, favorecendo bactérias associadas à produção de ácidos graxos de cadeia curta, metabólitos que contribuem para a integridade da mucosa intestinal e apresentam importante ação anti-inflamatória (Magistrelli *et al.*, 2016). Em dietas para coelhos a inclusão de 10% de casca *in natura* ou 20% de casca tratada com água quente, não interferiu no ganho de peso e apresentou menor custo de dieta quando comparado com a

dieta convencional (Ayinde *et al.*, 2010).

A utilização deste resíduo como ingrediente alternativo na alimentação animal, apresenta vantagens econômicas e ambientais, pois contribui para a valorização de um coproduto agroindustrial, reduz o descarte de resíduos e pode diminuir os custos de formulação das rações, alinhando-se aos princípios da economia circular e da produção aquícola sustentável (Sánchez *et al.*, 2023).

Nesse contexto, a busca por ingredientes alternativos provenientes de coprodutos agroindustriais representa uma estratégia promissora para reduzir os custos de produção e promover o aproveitamento sustentável de resíduos. Assim, o presente estudo avaliou a utilização da CBS em diferentes níveis de inclusão na formulação de dietas para juvenis de tambaqui, visando contribuir para o desenvolvimento de ingredientes alternativos para a aquicultura e para a valorização desse coproduto agroindustrial.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Centro de Inovação Tecnológica (CIT) no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO) campus de Jaru. O presente trabalho não precisou da autorização da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA). Todos os procedimentos de análises bromatológicas das amostras, produção das dietas, análises físicas dos péletes e redação do artigo foram realizados com a participação de todos os autores.

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA CASCA DA AMÊNDOA DO CACAU

a) Obtenção do ingrediente

As amêndoas foram fornecidas pelo Projeto Escola do Chocolate no IFRO - campus Jaru, que recebe as amêndoas fermentadas onde são classificadas e submetidas à torrefação, em forno industrial a temperaturas em torno de 120°C, por um período de 10 a 20 minutos. Após resfriadas, são descascadas no equipamento descascador (Beneficiadora de Cacau Nibs, Fatomag[®], Espírito Santo do Pinhal - SP). Nesse estágio, devido à ação do calor, as amêndoas tornam-se mais frágeis, facilitando sua quebra. O descascador promove a fragmentação das amêndoas torradas e a separação entre casca e nibs (fragmentos da amêndoa torrada).

b) Caracterização físico-química do ingrediente

O ingrediente teste era composto predominantemente por casca da amêndoa de cacau e fragmentos das amêndoas (nibs). Para a realização das análises as amostras foram previamente moídas em moinho de lâminas, utilizando peneira de 20 mesh.

A determinação do teor de umidade foi realizada pelo método gravimétrico, utilizando-se 5 g da amostra acondicionados em cápsula metálica. As amostras foram submetidas à secagem em estufa a 105°C até a obtenção de massa constante, sendo a umidade calculada com base na perda de massa (Instituto Adolfo Lutz, 2008). Os resultados foram expressos em base seca.

O teor de cinzas totais foi determinado a partir da pesagem de 2 g da amostra em cadinho de porcelana, seguida de incineração em forno mufla a 550-600°C, até completa obtenção de resíduo mineral (Instituto Adolfo Lutz, 2008).

O teor de sólidos solúveis totais (SST) foi determinado por leitura direta em refratômetro de bancada tipo Abbe. Para isso, 1 g da amostra foi diluído em 10 ml de água destilada, seguido de centrifugação a 4000 rpm, sendo os resultados expressos em porcentagem (Instituto Adolfo Lutz, 2008).

A determinação do pH foi realizada a partir da mistura de 10 g da amostra com 100 mL de água destilada, sob agitação em agitador orbital por 1 hora a 150 rpm. Após filtração, o pH foi medido com auxílio de pHmetro digital (Instituto Adolfo Lutz, 2008).

A acidez titulável total (ATT) foi determinada utilizando-se 10 g da amostra diluída em 100 mL de água destilada, sob agitação por 1 hora a 150 rpm. Após filtração, o extrato foi titulado com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 mol·L⁻¹ até atingir pH entre 8,1 e 8,2. Os resultados foram expressos como volume de NaOH gasto por 100 g de amostra (AOAC, 1990).

A proteína bruta total (PBT) foi determinada pelo método de Kjeldahl modificado, utilizando-se 1 g da amostra seca, digerida com ácido sulfúrico na presença de mistura catalítica. Os resultados foram expressos em porcentagem de proteína bruta (AOAC, 1990).

O teor de extrato etéreo (EE) foi determinado pelo método de Soxhlet, utilizando-se 2 g da amostra seca acondicionada em cartucho de celulose, com extração em éter de petróleo. Os resultados foram expressos em porcentagem (AOAC, 1990).

Para a determinação de açúcares solúveis (SS), açúcares redutores totais (ART) e compostos fenólicos totais (CFT), 10 g da amostra foram dissolvidos em 100 mL de água destilada, submetidos à agitação em banho Dubnoff por 1 hora a 40°C e, posteriormente, filtrados (Costa *et al.*, 2014).

A quantificação de açúcares solúveis foi realizada pelo método da antrona, com leitura em espectrofotômetro a 630 nm, sendo os resultados expressos em porcentagem de glicose. Os açúcares redutores totais foram determinados pelo método de Somogyi-Nelson, com leitura a 540 nm e resultados expressos em porcentagem de glicose (Maldonado *et al.*, 2013).

Os compostos fenólicos totais foram determinados pelo método de Folin-Ciocalteu, com leitura a 750 nm, sendo os resultados expressos em gramas de equivalentes de ácido gálico por 100 g de amostra (AOAC, 1990).

A relação SST/ATT foi obtida pela razão entre os sólidos solúveis totais e a acidez titulável total. Os açúcares não redutores foram calculados pela diferença entre os açúcares solúveis totais e os açúcares redutores totais.

Para análise de fibra bruta (FB) seguiu os passos da metodologia de Weende (Soest, 1963). A partir da amostra desengordurada e seca por duas horas a 105°C.

2.2 FORMULAÇÃO DAS DIETAS EXPERIMENTAIS

As formulações das dietas experimentais foram baseadas nas necessidades nutricionais de juvenis de tambaqui, sendo dietas isoproteicas e isocalóricas (28% de proteína bruta; 3.503 kcal/Kg de energia bruta), conforme as recomendações de Guimarães e Martins (2015). Foi utilizado o software/programa Super Crac® 6.5.2 Windows versão Premium para formulação das dietas experimentais, foram formuladas dietas contendo diferentes níveis de inclusão de casca da amêndoa do cacau. Contudo, para sua utilização na produção das dietas fez se necessário fazer o ajuste de umidade para os ingredientes de grande quantidade na formulação. Foram produzidas cinco dietas, sendo um controle sem inclusão (0% CBS) e quatro com inclusão crescente de casca da amêndoa do cacau (3%, 6%, 9% e 12% CBS). As dietas foram extrusadas em moedor de carne, boca 08, (BECCARO, Modelo PBM081, Ribeirão Preto, SP, BR), com matriz de 4 mm. Após a extrusão, as rações foram secas em estufa com circulação de ar forçado a 105°C, por um período de 24 horas. Todas dietas experimentais foram armazenadas em sacos plásticos, identificados e estocados em temperatura ambiente até o momento das análises.

Tabela 1. Formulações e composição nutricional das dietas com níveis crescentes de inclusão de casca da amêndoa de cacau.

Ingrediente (%)	0% CBS	3% CBS	6% CBS	9% CBS	12% CBS
Farelo de soja	37,40	37,40	37,40	37,40	37,40
Milho grão	32,00	32,00	32,00	32,00	33,00
Farelo de trigo	12,00	9,00	6,00	3,00	5,00
Farinha de sangue	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Óleo de Soja	4,00	4,00	4,00	4,00	3,00
Vitcre-peixes*	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
CMC - Carboximetilcelulose	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Fosfato bicálcico	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Sal comum	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
BHT - Butil-hidroxitolueno	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Casca da amêndoa do cacau	0,00	3,00	6,00	9,00	12,00
Composição centesimal (%)					
Matéria seca	94,13	97,29	97,27	96,52	97,03
Proteína bruta	28,21	28,21	28,21	28,21	28,31
Lipídeos	6,19	6,75	7,31	7,87	7,47
Fibra bruta	3,78	5,07	6,35	7,64	8,95
Matéria mineral	3,43	3,29	3,15	3,00	2,88

*Vitcre-peixes, valores por kg de ração: ácido fólico (250 mg), ácido pantotênico (5000 mg), antioxidante (600 mg), biotina (125 mg), cobalto (25 mg), cobre (2000 mg), ferro (13.820 mg), iodo (100 mg), manganês (3750 mg), niacina (5000 mg), selênio (75 mg), vitamina A (1.000.000 UI), vitamina B1 (1250 mg), vitamina B12 (3750 mg), vitamina B2 (2500 mg), vitamina B6 (2485 mg), vitamina C (28.000 mg), vitamina D3 (500.000 UI), vitamina E (28.000 UI), vitamina K3 (500 mg), zinco (17.500 mg).

Fonte: elaborado pelos autores, 2026.

2.3 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FÍSICA DOS PÉLETES

A qualidade física dos péletes das dietas experimentais foi avaliada por meio das variáveis:

Produção de fino: Após a secagem da ração, todas as repetições foram pesadas e em seguida peneiradas, para avaliar a produção de fino gerados no processo de fabricação da ração e quantidade foi demonstrada em valor percentual: $PF (\%) = [(Pf - Ps) / Ps] \times 100$; (Pf = peso dos finos (g); Ps = peso da ração seca (g))

Umidade: Foram separadas amostras de 2 g de péletes das dietas experimentais (n=10) e posteriormente colocadas em determinador de umidade eletrônico (Analisador de umidade infravermelho Denver® modelo IR-35, Bohemia, NY, USA) até estabilidade do peso à 105°C (Cruz *et al.*, 2015).

Taxa de expansão: A relação entre o diâmetro do péletes das dietas e o diâmetro da saída da matriz da extrusora foi determinado a partir de um total de 100 péletes de cada dieta (Kamarudin *et al.*, 2013). A taxa de expansão foi aferida utilizando paquímetro

digital e calculada de acordo com a seguinte equação: $TE (\%) = [(Dp - Dm) / Dm] \times 100$; (Dp = Diâmetro do pélete de ração (mm); Dm = Diâmetro da matriz (mm))

Estabilidade em água: Uma amostra de 50 g de péletes da ração (n=10) foram adicionadas em recipientes com o volume útil de 1 litro de água a 25°C, agitados por 10 minutos (5 L/min) e filtrados através de uma peneira. Os péletes retidos na peneira foram secos em estufa por 24 h a 105 °C e pesados. A estabilidade em água foi calculada pela fórmula (Cian *et al.*, 2018): $EA (\%) = (\text{peso dos sólidos} / 50) \times 100$

Índice de durabilidade dos péletes: foi calculado como descrito por Kamarudin *et al.* (2018). Amostras de 50 g da ração (n=05) foram colocadas em saco plástico e agitadas com as mãos por 3 minutos. Após a agitação, as amostras serão peneiradas usando uma peneira com malha de 4 mm por 1 minuto em seguida foram pesados. O índice de durabilidade dos péletes foi calculado de acordo com a seguinte equação: $IDP\% = (\text{Peso dos péletes após o teste} / 50) \times 100$

Velocidade de afundamento: foram separados dez péletes de cada ração, em seguida foram colocados um a um em um recipiente graduado (proveta volumétrica) de 1000 mL com água destilada. O tempo gasto para cada pélete chegar ao fundo (T) foi registrado. A altura da coluna d'água (H) foi anotada e a velocidade de afundamento foi determinada de acordo com a seguinte fórmula: Umar *et al.* (2013): $VA (\text{cm/s}) = (H / T)$

Densidade aparente: em um recipiente cilíndrico com volume de 1000 mL, previamente tarado, foram colocados os péletes da ração (n=10). O topo do recipiente foi raspado com o auxílio de espátula uma única vez para retirar os péletes excedentes.

Posteriormente o recipiente foi pesado em balança digital. A relação entre o peso dos péletes e o volume do recipiente cilíndrico (1000mL) foi expressa como: DA g/L (Kamarudin *et al.*, 2018).

Potencial hidrogeniônico (pH): Foram pesados 10 g da amostra em um béquer e diluído com auxílio de 100 mL de água. O conteúdo foi agitado o até que as partículas ficaram uniformemente suspensas. O pH foi determinado com o aparelho previamente calibrado, manuseado de acordo com as instruções do manual do fabricante (IAL, 1985).

Digestibilidade in vitro de proteínas: A análise é uma simulação da digestão de proteína que acontece em animais não-ruminantes. A amostra foi adicionada em uma solução de ácido clorídrico (HCl) com a enzima pepsina a uma temperatura de 40°C. Ao término da digestão, o resíduo foi filtrado, seco e quantificado a proteína que não foi digerida (IAL, 1985).

2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância ($p < 0,05$) e, nos casos de significância, foram ajustados a modelos de regressão polinomial de até 2º grau, adotando-se o coeficiente de determinação (R^2) igual ou superior a 70% como critério de ajuste. As relações entre as variáveis foram examinadas pelo Coeficiente de Correlação de Pearson, com significância determinada pelo teste t de Student ($p < 0,05$ e $p < 0,01$). Todas análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software R, versão 4.2.0 (R Core Team, 2025).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO INGREDIENTE

A composição físico-química da casca da amêndoa do cacau utilizada na formulação das dietas experimentais está apresentada na Tabela 2.

Tabelas 2. Composição centesimal da casca da amêndoa do cacau (*Theobroma cacao*).

Variáveis	Casca da amêndoa de cacau*
Umidade (%)	$4,49 \pm 0,128$
Proteínas (%)	$15,69 \pm 0,423$
Lipídios (%)	$22,19 \pm 2,442$
Fibras Totais (%)	$52,46 \pm 2,139$
Cinzas (%)	$6,22 \pm 0,211$
pH	$2,06 \pm 0,057$
Acidez Titulável Total ($\text{mL NaOH } 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$)	$18,80 \pm 1,948$
Sólidos Solúveis (%)	$9,79 \pm 0,648$
Açúcar Solúveis Totais (%)	$1,54 \pm 0,079$
Açúcar Redutores Totais (%)	$0,50 \pm 0,024$
Atividades de água	$0,53 \pm 0,020$

*Os resultados são com média de três repetições e o desvio padrão das repetições, todos com base na matéria seca.

Fonte: elaborado pelos autores, 2026.

A caracterização físico-química do ingrediente permitiu identificar a composição nutricional do ingrediente utilizado na formulação das dietas experimentais (Tabela 2). Os resultados evidenciaram elevados teores de fibras totais (52,46%), além de consideráveis valores de proteína bruta (15,69%) e lipídios (22,19%), indicando seu potencial de utilização como ingrediente alternativo em dietas aquícolas. Essa

composição é compatível com a descrita para a casca da amêndoa do cacau, embora variações sejam frequentemente observadas em função da origem da matéria-prima e das condições de processamento (2018; Sánchez *et al.*, 2023).

O teor de proteína obtido foi praticamente coincidente com o menor valor relatado por Djali *et al.*, 2023, que encontraram concentrações variando de 15,70% a 18,79% em cascas de amêndoas de cacau torradas provenientes de diferentes indústrias da Indonésia. Segundo esses autores, essa variabilidade está associada principalmente à variedade do cacau (Criollo e Forastero) e às condições de processamento, incluindo fermentação, secagem e torrefação. De forma complementar, Rojo-Poveda *et al.*, 2020, destacam que a composição química desse coproduto também pode ser influenciada pela eficiência da separação entre a casca e os nibs durante o beneficiamento. No presente estudo, observou-se durante o processamento a presença de fragmentos de nibs aderidos às cascas, característica que provavelmente contribuiu para os teores de proteína e, sobretudo, de lipídios encontrados, uma vez que essa fração concentra grande parte da manteiga de cacau e apresenta maior valor nutricional que a casca isolada.

Entre os componentes da composição centesimal, a fibra constituiu a fração predominante do ingrediente estudado, correspondendo a 52,46%, resultado compatível com os valores descritos na literatura para esse coproduto. Younes, Li e Karboune., 2023, relatam que a casca da amêndoa do cacau apresenta, de modo geral, entre 45 e 60% de fibra alimentar, variação atribuída principalmente à origem da matéria-prima, ao processo fermentativo e às condições de torrefação. Da mesma forma, Yuner e Syarifuddin., 2024, destacam que o elevado teor de fibras representa uma das principais características desse resíduo agroindustrial, conferindo potencial para sua utilização como ingrediente alternativo em diferentes aplicações.

O teor de fibra encontrado enquadra-se nessa faixa, indicando que o processamento empregado preservou uma das características nutricionais mais relevantes da casca da amêndoa do cacau. Entretanto, em dietas para peixes, elevados teores de fibras pode se tornar um limitador de inclusão, pois podem reduzir a digestibilidade da ração e limitar seu aproveitamento (Glencross, 2020).

Os teores de cinzas (6,22%), umidade (4,49%) e atividade de água (0,53) indicam que o ingrediente apresenta características favoráveis à conservação e ao armazenamento. O teor de cinzas obtido aproximou-se aos valores relatados por Djali *et al.*, 2023, que encontraram concentrações entre 6,48% e 8,21% em amostras provenientes de diferentes indústrias processadoras, evidenciando que a composição mineral desse resíduo pode

variar em função da origem da matéria-prima e das etapas de beneficiamento.

A atividade de água de 0,53, foi baixo, indicando maior estabilidade durante o armazenamento e menor suscetibilidade à deterioração, Mellinas *et al.*, 2020, destacam que baixos teores de umidade favorecem a preservação das propriedades físico-químicas da casca da amêndoa do cacau e ampliam seu potencial de utilização como ingrediente.

O baixo pH (2,06), associado à elevada acidez titulável (18,80 mL NaOH 0,1 mol L⁻¹ 100 g⁻¹), indica que a casca da amêndoa do cacau utilizada neste estudo preservou características químicas decorrentes do processo fermentativo. Durante a fermentação, os açúcares presentes na mucilagem são metabolizados por leveduras, bactérias lácticas e bactérias acéticas, promovendo inicialmente a formação de etanol e, posteriormente, de ácidos orgânicos, principalmente ácido acético, responsáveis pela redução do pH e pelo aumento da acidez do material. Afoakwa *et al.*, 2014, descrevem que essas transformações bioquímicas são fundamentais para a formação dos precursores de aroma e sabor do cacau, enquanto González *et al.*, 2024, demonstraram que o tempo e o manejo da fermentação influenciam significativamente os parâmetros físico-químicos dos grãos, incluindo pH, acidez e composição bromatológica.

Os baixos teores de açúcares solúveis (1,54%) e de açúcares redutores (0,50%) observados neste estudo são compatíveis com essas transformações, uma vez que grande parte desses compostos é consumida durante a fermentação e convertida em metabólitos intermediários e ácidos orgânicos. Esse comportamento explica a redução progressiva dos açúcares fermentescíveis ao longo do processamento e influencia diretamente a composição final do coproduto obtido após o processamento do cacau, conforme descrito por Afoakwa *et al.*, 2014, e observado por Delgado-Ospina *et al.*, 2020, ao avaliarem os efeitos da fermentação, secagem e torrefação sobre as características químicas dos grãos e de suas cascas.

Os resultados da caracterização físico-química demonstram que a casca da amêndoa do cacau apresenta composição compatível com seu potencial de utilização como ingrediente alternativo em dietas para juvenis de tambaqui. Os teores de proteína, lipídios e minerais indicam que esse resíduo pode contribuir para o valor nutricional das formulações, enquanto o elevado conteúdo de fibras evidencia a necessidade de estabelecer níveis adequados de inclusão, a fim de evitar possíveis efeitos sobre a digestibilidade dos nutrientes. Dessa forma, a caracterização apresentada fornece subsídios para interpretar os resultados da qualidade física dos péletes produzidos com diferentes níveis de inclusão da casca da amêndoa do cacau, discutidos na Tabela 3.

3.2 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FÍSICA DOS PÉLETES

As dietas experimentais produzidas com diferentes níveis de inclusão da casca da amêndoa do cacau foram submetidas à avaliação das principais características de qualidade física dos péletes, por serem propriedades que influenciam o processamento, a estabilidade e o desempenho da ração durante sua utilização pelos peixes (Sørensen *et al.*, 2012).

Tabela 3. Variáveis de qualidade dos péletes produzidos com níveis crescentes de casca da amêndoa de cacau (*Theobroma cacao*). TE = Taxa de Expansão; VA = Velocidade de afundamento; DA = Densidade Aparente EA = Estabilidade em água; PF = Produção de Fino; DIG = Digestibilidade.

	0% CBS	3% CBS	6% CBS	9% CBS	12% CBS	Valor de P	R ²	Y =
TE (%)	5,34 ± 3,03 ^a	3,10 ± 3,09 ^b	4,24 ± 3,06 ^{ab}	3,04 ± 2,35 ^b	4,12 ± 3,75 ^{ab}	<0.01	0,408	5,01 - 0,458x + 0,0319x ²
DA (g/L)	539,0 ± 6,03 ^a	536 ± 9,40 ^a	546,0 ± 6,04 ^a	511,0 ± 12,14 ^b	516,0 ± 11,23 ^b	<0.01	0,627	540 + 0,576x - 0,253x ²
EA (%)	85,66 ± 1,29 ^a	90,21 ± 3,87 ^b	90,87 ± 1,36 ^b	86,23 ± 1,55 ^{ab}	87,60 ± 0,94 ^{ab}	<0.01	0,444	86,5 + 1,11 x - 0,0925x ²
PF (%)	3,47 ± 1,88	3,49 ± 1,48	1,87 ± 1,11	2,74 ± 1,78	2,63 ± 0,89	0,43	0,524	3,65-0,294x + 0,0177x ²
DIG (%)	76,63 ± 0,25 ^b	70,51 ± 0,54 ^d	78,14 ± 0,67 ^a	67,42 ± 0,45 ^c	74,63 ± 0,10 ^c	<0.01	0,127	76,1-1,03x + 0,066x ²

Legenda: TE = Taxa de Expansão; VA = Velocidade de afundamento; DA = Densidade Aparente EA = Estabilidade em água; PF = Produção de Fino; DIG = Digestibilidade.

Fonte: Rocha, 2026.

Os resultados apresentados na Tabela 3 demonstram que a inclusão da casca da amêndoa do cacau influenciou as características físicas dos péletes, evidenciando que a substituição parcial do farelo de trigo modificou o comportamento da dieta durante o processamento por extrusão.

A taxa de expansão e a densidade aparente foram influenciadas pelos diferentes níveis de inclusão da casca da amêndoa do cacau ($p < 0,01$). As menores taxas de expansão foram observadas nas dietas com 3% e 9% de inclusão, enquanto a dieta controle apresentou a maior expansão. Em relação à densidade aparente, o maior valor foi registrado na dieta contendo 6% de inclusão, ao passo que as dietas com 9% e 12% apresentaram as menores densidades. Esses achados evidenciam que a incorporação do coproduto alterou a estrutura física dos péletes, embora essa resposta não tenha ocorrido de forma proporcional ao aumento da inclusão.

Resultados semelhantes foram descritos por Hoyos-Concha *et al.*, 2023, que avaliaram a inclusão de farinha proteica hidrolisada proveniente de subprodutos do processamento de truta em dietas extrusadas para peixes. Os autores observaram alterações na expansão, densidade aparente, durabilidade e flutuabilidade dos péletes, demonstrando que mudanças na composição da dieta modificam diretamente a estrutura

física do produto peletizado (Quirino *et al.*, 2024). Esses resultados corroboram os obtidos neste estudo e reforçam que a utilização de ingredientes alternativos pode alterar as propriedades físicas dos péletes sem comprometer sua qualidade tecnológica.

A estabilidade em água foi influenciada pelos diferentes níveis de inclusão da casca da amêndoa do cacau ($p < 0,01$), sendo os maiores valores observados nas dietas contendo 3% e 6% de inclusão, enquanto a dieta controle apresentou o menor valor. Esses dados indicam maior resistência dos péletes durante a permanência em água, reduzindo a lixiviação dos nutrientes antes do consumo pelos peixes. Ramírez-Carmona *et al.*, 2022, ao desenvolverem rações extrusadas utilizando farinha de folhas de mandioca, folhas de gliricídia e casca de arroz como coprodutos agroindustriais, verificaram que a formulação influenciou a coesão, a estabilidade em água e a flutuabilidade dos péletes, demonstrando que a composição da dieta interfere diretamente nessas propriedades. Comportamento semelhante foi observado neste estudo, principalmente nas dietas contendo 3% e 6% de inclusão.

Apesar da maior estabilidade em água, a produção de finos não foi influenciada pelos níveis de inclusão da CBS ($p > 0,05$), variando de 1,87% a 3,49%. Esse comportamento demonstra que a incorporação da casca da amêndoa do cacau manteve a resistência dos péletes durante o processamento e o manuseio, mesmo promovendo alterações em outras propriedades físicas. Karim *et al.*, 2022, ao avaliarem diferentes aglutinantes de origem vegetal empregados na fabricação de rações para peixes, observaram que a produção de finos, a estabilidade em água e a velocidade de afundamento constituem parâmetros complementares para avaliar a qualidade física dos péletes, pois refletem sua resistência ao processamento, transporte e contato com a água.

A manutenção dessas características físicas pode refletir diretamente no aproveitamento da dieta pelos peixes, uma vez que menores perdas durante o manejo e a permanência em água favorecem a disponibilidade dos nutrientes. Dessa forma, avaliou-se o efeito da inclusão da casca da amêndoa do cacau sobre a digestibilidade das dietas experimentais.

A digestibilidade foi influenciada pelos diferentes níveis de inclusão da casca da amêndoa do cacau ($p < 0,01$), sendo o maior coeficiente observado na dieta contendo 6% de inclusão (78,14%), seguida da dieta controle (76,63%). Em contrapartida, as dietas com 3% e 9% apresentaram os menores coeficientes, enquanto a dieta com 12% apresentou valor intermediário. Esse comportamento indica que níveis moderados de inclusão favoreceram o aproveitamento dos nutrientes, enquanto níveis mais elevados

tenderam a reduzir essa resposta, possivelmente em razão do aumento da fração fibrosa da dieta.

Estudos sobre ingredientes alternativos para rações, incluindo farelo de soja, farelo de canola, concentrado proteico de ervilha e coprodutos de origem vegetal, foi avaliado que o aproveitamento dos nutrientes depende não apenas da composição química dos ingredientes, mas também de sua interação com o processamento por extrusão e com as características físicas dos péletes (Glencross, 2020). No presente estudo, o melhor desempenho obtido na dieta contendo 6% de inclusão demonstra que esse nível proporcionou maior aproveitamento dos nutrientes entre os tratamentos avaliados, reforçando o potencial da casca da amêndoa do cacau como ingrediente alternativo em dietas para peixes quando utilizada em níveis moderados.

A relação entre a digestibilidade e as características físicas dos péletes torna-se mais evidente quando são analisadas as respostas obtidas pelas equações de regressão e pelas correlações entre as variáveis, apresentadas nas Figuras 1 e 2.

O Índice de Durabilidade do Pélete apresentou melhor desempenho nos níveis intermediários de inclusão, indicando que pequenas quantidades da casca favoreceram a resistência mecânica dos péletes, enquanto níveis mais elevados reduziram essa resposta. Esse comportamento evidencia que existe um limite para a incorporação do ingrediente sem comprometer a qualidade física do produto.

Para o potencial hidrogeniônico (pH), as pequenas oscilações observadas ao longo dos níveis de inclusão indicam que a incorporação da casca da amêndoa do cacau não alterou de forma expressiva essa característica, demonstrando estabilidade química entre as dietas produzidas. Em relação à velocidade de afundamento, verificou-se o aumento à medida que aumentou a inclusão do ingrediente, indicando que os péletes afundaram mais rapidamente. Essa característica pode favorecer o consumo da ração pelos peixes, reduzindo perdas por sedimentação e contribuindo para maior aproveitamento do alimento.

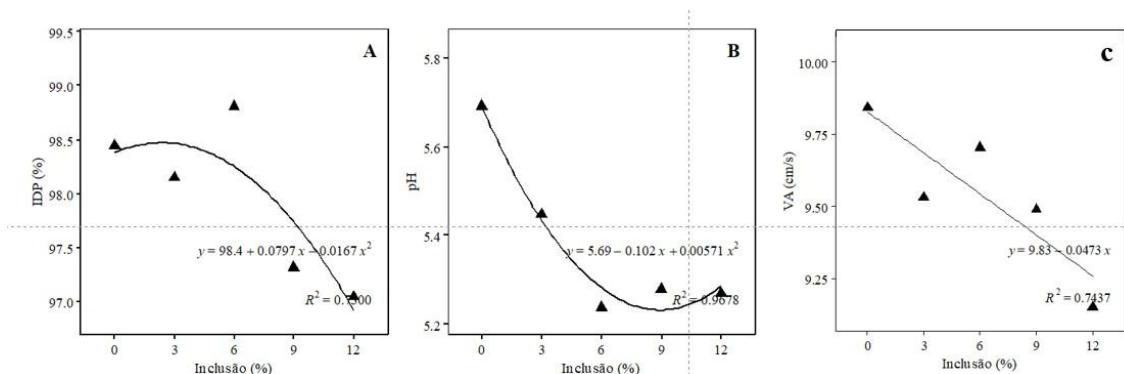


Figura 1. Análise de regressão das variáveis: a) Índice de Durabilidade dos Péletes; b) Potencial hidrogeniônico; c) Velocidade de afundamento; Dos péletes formulados com níveis crescentes de inclusão da casca da amêndoa de cacau (*Theobroma cacao*).

Fonte: Rocha, 2026.

Esses resultados reforçam que a inclusão da casca da amêndoa do cacau modificou o comportamento físico dos péletes, sendo que níveis moderados proporcionaram melhor equilíbrio entre resistência mecânica e permanência na água. Resultados semelhantes foram descritos por Sørensen *et al.*, 2012, que destacam a influência da composição da dieta sobre a qualidade física de péletes extrusados, e por Chevanan *et al.*, 2009, que observaram alterações na durabilidade e nas propriedades físicas de péletes em função da formulação e das condições de extrusão.

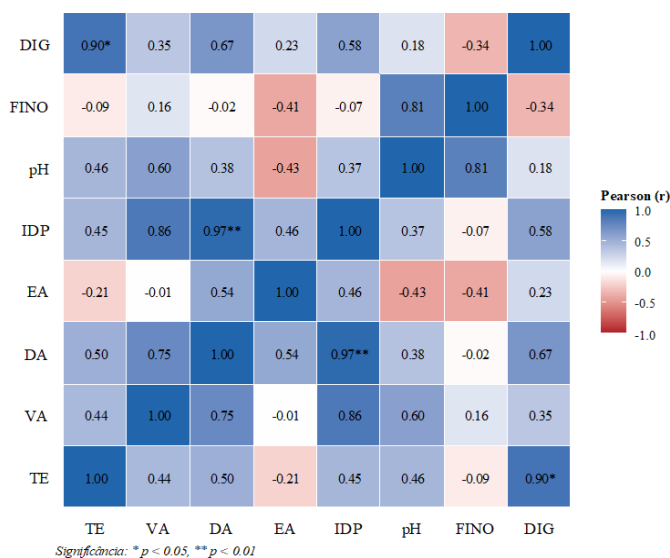


Figura 2. Relações entre as variáveis avaliadas pelo Coeficiente de Correlação de Pearson dos péletes produzidos com níveis crescentes da casca das amêndoas de cacau (*Theobroma cacao* L.).

Fonte: Rocha, 2026.

As variáveis Índice de Durabilidade do Pélete e a Densidade Aparente apresentaram forte correlação ($p < 0,01$ - Figura 2). O comportamento da inclusão foi que à medida que era aumentada a inclusão, menor era o valor da densidade e menor a

durabilidade do pélete. Assim, com mais inclusão da casca da amêndoa do cacau, os péletes eram menos resistentes ao atrito, pois a variável simula as condições naturais que ocorrem no dia-a-dia de transporte das sacas e distribuição aos animais.

Outra correlação observada foi da Digestibilidade com a Taxa de Expansão do pélete ($p < 0,05$). A tendência observada foi que quanto maior a taxa de expansão, melhor foi a digestibilidade dos péletes. Possivelmente alguma alteração no processo de produção de ração pode ter influenciado na taxa de expansão do pélete, como aumento do atrito mecânico, o que pode ter gerado um certo grau de aquecimento e consequentemente cozinhando os ingredientes aumentando a digestibilidade.

4 CONCLUSÃO

A utilização da casca da amêndoa do cacau, é um potencial ingrediente para ser usado em uma formulação de dietas. O ingrediente pode ser caracterizado como fibroso, porém com valores significativos de lipídeos e proteína que podem ser usados na nutrição animal, quando observado o limite de fibra para cada espécie animal.

Uma formulação que atende as necessidades nutricionais de juvenis de tambaqui, o nível de 6% de inclusão foi o que mostrou melhor desempenho nas variáveis de qualidade de física dos péletes. Os resultados podem servir de base para estudos futuros, com uso da casca da amêndoa de cacau, sendo indicado pesquisas para ruminantes que podem aproveitar melhor o ingrediente. Contudo, foi o teste que avaliou as características físicas dos péletes, sendo necessário à validação em um experimento de desempenho *in vivo*, para confirmação da indicação deste potencial ingrediente em dietas para peixes.

REFERÊNCIAS

- AFEDZI, A. E. K.; OBENG-BOATENG, F.; ADUAMA-LARBI, M. S.; ZHOU, X.; XU, Y. Valorization of Ghanaian cocoa processing residues as extractives for value-added functional food and animal feed additives – A review. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, v. 52, art. 102835, 2023. DOI: 10.1016/j.bcab.2023.102835.
- AFOAKWA, E. O. *Chocolate Science and Technology*. 2. ed. Chichester: Wiley-Blackwell, 2014. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781118913758>. Acesso em: 30 jun. 2026.
- AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. *Official Methods of Analysis*. 15. ed. Arlington: AOAC, 1990.
- AYINDE, O. E.; OJO, V.; ADEYINA, A. A.; ADESOYE, O. Economics of using cocoa bean shell as feed supplement for rabbits. *Pakistan Journal of Nutrition*, v. 9, n. 2, p. 195-197, 2010.
- Cassimiro, M., de Lima, C. C., da Silva, S. A., & de Oliveira, N. D. A. (2026). Indicação Geográfica Rondônia Cacau em Amêndoas: análise econômica da produção cacaueira em Rondônia. *Revista Sociedade Científica*, 9(1), 688-718. Doi: 10.61411/rsc2026126819.
- CHEVANAN, N.; MUTHUKUMARAPPAN, K.; ROSENTRATER, K. A. Extrusion studies of aquaculture feed using distillers dried grains with solubles and whey. *Food and Bioprocess Technology*, v. 2, n. 2, p. 177-185, 2009. DOI: 10.1007/s11947-007-0036-8.
- CIAN, R. E., BACCHETTA, C., CAZENAVE, J., DRAGO, S.R. 2018. Extruded fish feed with high residual phytase activity and low mineral leaching increased *P. mesopotamicus* mineral retention. *Animal Feed Science and Technology*. 240, 78-87.
- COSTA, A. S. G.; ALVES, R. C.; VINHA, A. F.; BARREIRA, S. V. P.; NUNES, M. A.; CUNHA, L. M.; OLIVEIRA, M. B. P. P. Optimization of antioxidants extraction from coffee silverskin, a roasting by-product, having in view a sustainable process. *Industrial Crops and Products*, v. 53, p. 350-357, 2014.
- CRUZ, C.R.; KAMARUDIN, M.S.; SAAD, C.R.; RAMEZANI-FARD, E.; 2015. Effects of extruder die temperature on the physical properties of extruded fish pellets containing taro and broken rice starch. *Animal Feed Science and Technology*. 199, 137–145.
- DELGADO-OSPINA, J. *et al.* Effect of fermentation, drying and roasting on biogenic amines and other chemical characteristics of cocoa beans and shells. *Foods*, v. 9, 2020. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7231058/>. Acesso em: 30 jun. 2026.
- DJALI, M.; SANTASA, K.; INDIARTO, R.; SUBROTO, E.; FETRIYUNA, F.; LEMBONG, E. Proximate composition and bioactive compounds of cocoa bean shells as a by-product from cocoa industries in Indonesia. *Foods*, v. 12, n. 17, p. 3316, 2023. DOI: 10.3390/foods12173316.
- GLENCROSS, B. D. A feed is only as good as its ingredients: a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. *Aquaculture Nutrition*, v. 26, n. 6, p. 1871-1883, 2020. DOI: 10.1111/anu.13103.
- GONZÁLEZ, A. F. R. *et al.* Fermentation and its effect on the physicochemical and sensory properties of cocoa beans. *PLOS ONE*, 2024. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0306680>. Acesso em: 30 jun. 2026.
- GUIMARÃES, I. G.; MARTINS, G. P. Nutritional requirement of two Amazonian aquacultured

fish species, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1816) and *Piaractus brachipomus* (Cuvier, 1818): a mini review. *Journal of Applied Ichthyology*, v. 31, supl. 4, p. 57–66, 2015. DOI: 10.1111/jai.12976.

GUIRLANDA, C. P.; SILVA, G. G.; TAKAHASHI, J. A. Cocoa honey: agro-industrial waste or underutilized cocoa by-product? *Future Foods*, v. 4, p. 100061, 2021. DOI: 10.1016/j.fufo.2021.100061.

HOYOS-CONCHA, J. L.; VILLADA-CASTILLO, H. S.; ROA-ACOSTA, D. F.; FERNÁNDEZ-QUINTERO, A.; ORTEGA-TORO, R. Extrusion parameters and physical transformations of an extrudate for fish: Effect of the addition of hydrolyzed protein flour from by-products of *Oncorhynchus mykiss*. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, v. 6, art. 1077274, 2023. DOI: 10.3389/fsufs.2022.1077274.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA). Tabela 6588 – Série histórica da estimativa anual da área plantada, área colhida, produção e rendimento médio dos produtos agrícolas. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/cacau/br>. Acesso em: 29 abr. 2026.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

KAMARUDIN, C. R.; DE CRUZ, C. R.; SAAD, C. R.; ROMANO, N.; RAMEZANI- FARD, E. 2018. Effects of extruder die head temperature and pre-gelatinized taro and broken rice flour level on physical properties of floating fish pellets. *Animal Feed Science and Technology*. 236: 122-10.

KAMARUDIN, C. R.; DE CRUZ, C. R.; SAAD, C. R.; ROMANO, N.; RAMEZANI- FARD, E. 2013. Effects of extruder die head temperature and pre-gelatinized taro and broken rice flour level on physical properties of floating fish pellets. *Animal Feed Science and Technology*. 236: 122-10.

KARIM, A.; NAILA, B.; KHWAJA, S.; HUSSAIN, S. I.; GHAFAR, M. Evaluation of different starch binders on physical quality of fish feed pellets. *Brazilian Journal of Biology*, v. 84, e256242, 2022. DOI: 10.1590/1519-6984.256242.

MACUSI, E. D.; CAYACAY, M. A.; BORAZON, E. Q.; SALES, A. C.; HABIB, A.; FADLI, N.; SANTOS, M. D. Protein fishmeal replacement in aquaculture: a systematic review and implications on growth and adoption viability in the Philippines. *Preprints*, 2023. DOI: 10.20944/preprints202305.1604.v1.

MAGISTRELLI, D.; ZANCHI, R.; MALAGUTTI, L.; GALASSI, G.; CANZI, E.; ROSI, F. Effects of cocoa husk feeding on the composition of swine intestinal microbiota. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 64, n. 10, p. 2046-2052, 2016.

MALDONADE, I. R.; CARVALHO, P. G. B.; FERREIRA, N. A.; MOULIN, B. S. F. Protocolo para determinação de açúcares redutores pelo método de Somogyi-Nelson. *Comunicado Técnico*, n. 86, p. 1-4, 2013.

MELLINAS, C.; JIMÉNEZ, A.; GARRIGÓS, M. C. Optimization of microwave-assisted extraction of cocoa bean shell waste and evaluation of its antioxidant, physicochemical and functional properties. *LWT*, v. 127, p. 109361, 2020. DOI: 10.1016/j.lwt.2020.109361.

MENDES, F. A. T.; LIMA, E. L. Perfil agroindustrial do processamento de amêndoas de cacau em pequena escala no Estado do Pará. Belém: SEBRAE/PA, 2007.

NASCIMENTO, M. B.; ALENCAR, J. C.; PAULINO, B. N.; NASCIMENTO, J. C.; FERREIRA, T. R.; BATISTA, A. S. *et al.* Functional and technological potential of by-products from the cocoa (*Theobroma cacao* L.) production chain. Food Chemistry, p. 145718, 2025. DOI: 10.1016/j.foodchem.2025.145718.

OGUNSIPE, M. H.; IBIDAPO, I.; OLORUNTOLA, O. D.; AGBEDE, J. O. Growth performance of pigs on dietary cocoa bean shell meal. Livestock Research for Rural Development, v. 29, n. 1, 2017.

QUIRINO, É. F., da Silva Rodrigues, C., da Silva, V. B., & Barbosa, E. N. R. (2024). Qualidade física em rações para aquicultura de Tambaqui (*Colossoma macropomun*). Brazilian Journal of Animal and Environmental Research, 7(2), 1-15. DOI: 10.34188/bjaerv7n2-058

RAMÍREZ-CARMONA, M.; RENDÓN-CASTRILLÓN, L.; OCAMPO-LÓPEZ, C.; SÁNCHEZ-OSORNO, D. Fish food production using agro-industrial waste enhanced with *Spirulina* sp. Sustainability, Basel, v. 14, n. 10, art. 6059, 2022. DOI: 10.3390/su14106059.

ROJO-POVEDA, O.; BARBOSA-PEREIRA, L.; ZEPPA, G.; STÉVIGNY, C. Cocoa bean shell: a by-product with nutritional properties and biofunctional potential. Nutrients, v. 12, n. 4, p. 1123, 2020. DOI: 10.3390/nu12041123.

SOEST, P. J. VAN. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. Journal of the Association of Official Agricultural Chemists, v. 46, n. 5, p. 829-835, 1963.

SØRENSEN, M.; STJEPANOVIC, N.; ROMARHEIM, O. H.; KJEKSHUS, H.; STOREBAKKEN, T. A review of the effects of ingredient composition and processing conditions on the physical qualities of extruded high-energy fish feed as measured by prevailing methods. Aquaculture Nutrition, v. 18, n. 3, p. 233-248, 2012. DOI: 10.1111/j.1365-2095.2011.00924.x.

UMAR, S.; KAMARUDIN, M. S.; RAMEZANI-FARD, E. Physical properties of extruded aquafeed with a combination of sago and tapioca starches at different moisture contents. Animal Feed Science and Technology, v. 183, n. 1-2, p. 51-55, 2013. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2013.03.009

YOUNES, M.; LI, H.; KARBOUNE, S. Cocoa bean shells: a review into the chemical profile, the bioactivity and the biotransformation to enhance their potential applications in foods. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, v. 63, n. 34, p. 11789-11812, 2023. DOI: 10.1080/10408398.2022.2065659.

YUNERI, D. R.; SYARIFUDDIN. Cocoa bean shell by-products as potential ingredients for functional food and beverage: a review. BIO Web of Conferences, v. 99, p. 01006, 2024.