

Manaus, AM / Abril, 2026

OBJETIVOS DE  
DESENVOLVIMENTO  
SUSTENTÁVEL

## Economia circular: preparo de resíduos do guaranzeiro para formulação de rações de tambaqui

Cheila de Lima Boijink e Jony Koji Dairiki

Pesquisadores, Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

**Resumo** – A aquicultura enfrenta desafios crescentes em termos de custo e sustentabilidade da alimentação para peixes. A alimentação pode representar entre 60 e 70% do custo operacional, o que reforça a necessidade de alternativas sustentáveis aos ingredientes tradicionais, tais como as farinhas de peixe e de soja. Nesse contexto, o aproveitamento de resíduos agroindustriais surge como estratégia alinhada aos princípios da economia circular, permitindo a valorização de subprodutos e a redução de custos na produção aquícola. No estado do Amazonas, a cultura do guaraná (*Paullinia cupana*) gera resíduos como cascas, sementes e polpa residual que geralmente não são aproveitados. Neste estudo, esses resíduos foram submetidos a secagem, moagem e posterior caracterização por análise bromatológica, visando avaliar seu potencial como ingrediente alternativo na alimentação do tambaqui (*Colossoma macropomum*), espécie nativa de grande relevância econômica e social. O processamento resultou em farinha de folhas de guaranzeiro, com rendimento aproximado de 47% e teor proteico de 15%, e em farinha de pericarpo (polpa residual), com rendimento de 31% e teor proteico de 12%. Os resultados evidenciam o potencial desses subprodutos como ingredientes alternativos na formulação de rações para peixes, contribuindo para a diversificação de insumos regionais, para a redução dos custos de alimentação e para o fortalecimento da bioeconomia amazônica, por meio da integração entre aquicultura e cadeias agroindustriais locais.

**Termos para indexação:** *Paullinia cupana*, *Colossoma macropomum*, guaraná, tambaqui, nutrição.

## Circular economy: preparation of guarana residues for tambaqui feed formulation

**Abstract** – Aquaculture faces increasing challenges in terms of the cost and sustainability of fish feed. Feeding can represent between 60 and 70% of operational costs, reinforcing the need for sustainable alternatives to traditional ingredients such as fishmeal and soybean meal. In this context, the utilization of agro-industrial waste emerges as a strategy aligned with circular economy principles, enabling the valorization of by-products and the reduction of costs in aquaculture production. In the state of Amazonas, guarana (*Paullinia cupana*) cultivation generates residues such as peels,

**Embrapa Amazônia Ocidental**  
Rodovia AM-010, Km 29, Estrada  
Manaus/Itacoatiara, 69010-970,  
Manaus, AM  
[www.embrapa.br/amazonia-ocidental](http://www.embrapa.br/amazonia-ocidental)  
[www.embrapa.br/fale-conosco/sac](http://www.embrapa.br/fale-conosco/sac)

Comitê Local de Publicações

Presidente

Kátia Emídio da Silva

Secretária-executiva

Gleise Maria Teles de Oliveira

Membros

Luiz Antônio de Araújo Cruz,  
Maria Augusta Abtíbol Brito de  
Sousa e Maria Perpétua Beleza  
Pereira

Edição executiva

Maria Perpétua Beleza Pereira

Revisão de texto

Maria Perpétua Beleza Pereira e  
Maurício Fernandes Di Fraia

Normalização bibliográfica

Maria Augusta Abtíbol Brito de  
Sousa (CRB-11/420)

Projeto gráfico

Leandro Sousa Fazio

Diagramação

Gleise Maria Teles de Oliveira

Publicação digital: PDF

Todos os direitos  
reservados à Embrapa.

seeds, and residual pulp that are generally not used. In this study, these residues were subjected to drying, grinding, and subsequent characterization by bromatological analysis, aiming to evaluate their potential as alternative ingredients in the diet of tambaqui (*Colossoma macropomum*), a native species of great economic and social relevance. Processing resulted in guarana leaf meal, with an approximate yield of 47% and a protein content of 15%, and pericarp meal (residual pulp), with a yield of 31% and a protein content of 12%. The results highlight the potential of these byproducts as alternative ingredients in fish feed formulations, contributing to the diversification of regional inputs, the reduction of feeding costs, and the strengthening of the Amazonian bioeconomy through the integration of aquaculture and local agro-industrial chains.

**Index terms:** *Paullinia cupana*, *Colossoma macropomum*, guarana, tambaqui, nutrition.

## Introdução

A intensificação da aquicultura mundial coloca desafios significativos para a sustentabilidade dos sistemas produtivos, especialmente no que tange à formulação de rações e à gestão de resíduos. O setor de peixes de água doce já representa uma das vertentes de produção animal de maior crescimento e, no Brasil, abriga mais de 200 mil pisciculturas (Valenti et al., 2021). A dependência de ingredientes convencionais de alto valor, como farinhas e óleos de peixe ou de soja, eleva o custo da alimentação, que representa uma parcela significativa dos custos operacionais na piscicultura (Valente et al., 2022; Macusi et al., 2023). Esses insumos são commodities globais, e portanto ficam sujeitos à volatilidade de preços, à concorrência com outras cadeias produtivas e à dependência de importações, em diversas regiões. Além disso, sua produção pode gerar impactos ambientais associados ao desmatamento, às emissões de gases de efeito estufa e à sobrepesca (Sandström; Lamminen, 2022; Majluf et al., 2024).

Diante desse cenário, o desenvolvimento e a incorporação de ingredientes alternativos de origem regional surgem como uma estratégia fundamental para aumentar a resiliência econômica, ambiental e social da aquicultura. Subprodutos da agroindústria, resíduos do processamento agrícola, fontes vegetais não convencionais e coprodutos da própria cadeia pesqueira/aquícola podem fornecer proteína, energia, fibras, minerais e compostos bioativos

relevantes, reduzindo a dependência de matérias-primas tradicionais (Rosle et al., 2024). A adoção desses ingredientes favorece, ainda, a economia circular, ampliando a eficiência do uso de recursos, a mitigação de desperdícios e a valorização de cadeias produtivas locais (Sandström; Lamminen, 2022).

A economia circular surge como estratégia para integrar a produção, o uso e o reúso de recursos dentro da cadeia produtiva da aquicultura. Em sistemas circulares, subprodutos ou resíduos gerados em uma etapa tornam-se matéria-prima para outra, com redução de desperdício, otimização de insumos e mínimo impacto ambiental (Osei et al., 2025). No contexto das rações aquícolas, a abordagem circular estimula a substituição de ingredientes convencionais por coprodutos locais de baixo custo e menor impacto, assim como a recuperação de nutrientes e energia no sistema (Masi et al., 2024).

Espécies onívoras e predominantemente frugívoras, como o tambaqui (*Colossoma macropomum*), destacam-se por sua elevada plasticidade nutricional e capacidade de aproveitamento de ingredientes alternativos, o que favorece a utilização destes em formulações de menor custo e maior sustentabilidade. A diversificação das fontes alimentares, desde que respaldada por avaliações consistentes de digestibilidade, desempenho zootécnico e segurança metabólica, contribui de maneira significativa para a redução da dependência de insumos convencionais, para a diminuição da pegada ambiental e para o fortalecimento de cadeias produtivas locais dentro de uma lógica bioeconômica (Macusi et al., 2023). No contexto amazônico, o tambaqui é uma das principais espécies aquícolas, devido à rusticidade, à elevada adaptabilidade às condições tropicais e à ampla aceitação de mercado; a forte dependência de matérias-primas provenientes de fora da região ainda representa, porém, um entrave ao desenvolvimento sustentável da cadeia (Dantas et al., 2024). Nesse sentido, a identificação e a validação de ingredientes alternativos de origem regional tornam-se essenciais para ampliar a autonomia produtiva, agregar valor a resíduos agroindustriais e induzir práticas compatíveis com os princípios da economia circular, promovendo ao mesmo tempo competitividade, segurança alimentar e benefícios socioambientais para a Amazônia.

Os resíduos agroindustriais do cultivo de guaranazeiro (*Paullinia cupana*) – tais como cascas, sementes, polpa residual ou ramos – apresentam-se como uma promissora fonte alternativa de nutrientes para inclusão em rações de tambaqui. Estudos recentes reforçam esse potencial. Medeiros et al.

(2024) demonstraram que resíduos agroindustriais amazônicos, incluindo o bagaço de guaraná, podem ser incorporados em dietas para juvenis de tambaqui, com níveis aceitáveis de digestibilidade e desempenho produtivo. De forma complementar, Azevedo et al. (2025) revisaram as possibilidades de valorização dos resíduos do guaranazeiro, reforçando seu valor como insumo sustentável para bioprodutos e formulações alternativas. Ainda que estudos específicos com resíduos do guaraná na alimentação do tambaqui sejam incipientes, há evidências consistentes de que outros resíduos agroindustriais regionais também podem ser utilizados com segurança. Por exemplo, o resíduo da polpa de goiaba mostrou-se capaz de substituir até 75% do milho na dieta de juvenis de tambaqui, sem comprometer o desempenho zootécnico ou os índices corporais, configurando-se como alternativa nutricional alinhada à economia circular na piscicultura amazônica (Dairiki et al., 2023). Parte aérea e subprodutos da mandioca também podem substituir parcialmente fontes energéticas tradicionais nas rações do tambaqui, desde que sejam definidos níveis de inclusão, pré-tratamentos e avaliações de digestibilidade e desempenho compatíveis com a segurança e a eficiência zootécnica (Hisano et al., 2008; Dantas et al., 2024).

Estudos da Embrapa com plantas adultas de *Paullinia cupana* var. *sorbilis* indicam produção média de 6.350 kg/ha por ano de matéria seca na parte aérea de guaranazeiros com 9 a 18 anos de idade, valor influenciado pela idade, tipo e intensidade de poda, além das condições de cultivo. Além disso, durante o beneficiamento, a maior parte do fruto é descartada, pois a produção se concentra nas sementes, que representam apenas cerca de 2% do peso total do fruto, enquanto o pericarpo e o arilo, ricos em biomassa, são eliminados ou utilizados de forma rudimentar como adubo. Apesar do potencial de aproveitamento agroindustrial e de produção de bioprodutos, o uso desses resíduos ainda é limitado na Amazônia, demandando pesquisas e tecnologias que viabilizem sua transformação em recurso econômica e ambientalmente sustentável (Arruda et al., 2009).

Diante da necessidade de ampliar a produção de tambaqui, reduzir os custos de formulação de rações e transformar os resíduos da agroindústria em recurso econômica e ambientalmente sustentável, o presente estudo descreve a prática de preparo do resíduo do guaranazeiro, desde a coleta, a secagem, a moagem e a caracterização nutricional, para posterior inclusão em formulações de rações para tambaqui. Essa estratégia visa substituir, parcialmente,

ingredientes convencionais, tais como farelo de soja, milho e derivados de pescado, cuja produção está associada a altos custos logísticos e maior pegada ambiental. Dessa forma, busca-se contribuir para a diversificação de ingredientes regionais e para a redução da dependência de insumos externos na alimentação aquícola, promovendo um modelo produtivo alinhado à economia circular e à bioeconomia amazônica, com valorização de resíduos agroindustriais. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar o preparo e a caracterização nutricional de folhas e pericarpo de guaranazeiro para inclusão em dietas experimentais de juvenis de tambaqui.

Esta publicação está de acordo com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS): 2 – Fome Zero e Agricultura Sustentável, 8 – Trabalho Decente e Crescimento Econômico, 9 – Indústria, Inovação e Infraestrutura, 11 – Cidades e Comunidades Sustentáveis, 12 – Consumo e Produção Responsáveis, 14 – Vida na Água e 17 – Parcerias e Meios de Implementação, reafirmando o apoio da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) para o alcance das metas estabelecidas pela Organização das Nações Unidas (ONU).

## Metodologia

### Local de coleta e processamento dos resíduos

Folhas e pericarpo não comerciais de guaranazeiro (*Paullinia cupana*) foram obtidos a partir de acessos do Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de guaraná da Embrapa Amazônia Ocidental (Figura 1), localizados no campo experimental da Sede em Manaus, AM (2°53'25"S; 59°58'6"W). A coleta foi realizada manualmente, planta a planta.



Foto: Jony Dairiki

**Figura 1.** Banco ativo de germoplasma (BAG) de guaraná da Embrapa Amazônia Ocidental.

As folhas foram coletadas durante a poda de frutificação, no mês de abril, a qual é importante para estimular o lançamento de novos ramos produtivos e melhorar a ventilação e iluminação da planta. Foram descartadas folhas secas ou doentes e coletadas

as folhas saudáveis. No Laboratório de Nutrição de Peixes, as folhas foram destacadas dos ramos; após separadas, foram pesadas e levadas a estufa de ventilação por ar forçado a 50 °C, onde passaram por um processo de secagem, de aproximadamente 96 horas. Posteriormente, foram moídas em moinho de martelo (Figuras 2A, 2B e 2C).



**Figura 2.** Folhas de guaranazeiro in natura (A); folhas de guaranazeiro após secagem em estufa a 50 °C por 96 horas (B); folhas após moagem (C).

Em novembro, após a colheita, foi coletado o pericarpo – que apresenta uma coloração avermelhada ou alaranjada –, o qual passou pelo mesmo processo de pesagem, secagem e moagem (Figuras 3A, 3B e 3C).



**Figura 3.** Pericarpo de guaranazeiro in natura (A); pericarpo de guaranazeiro após secagem em estufa a 50 °C por 96 horas (B); pericarpo após moagem (C).

### Rendimento dos subprodutos

O percentual de rendimento foi obtido a partir da diferença entre a pesagem do material in natura (após a coleta) e a pesagem após a secagem. Da mesma forma, foi calculado o rendimento da etapa pós-moagem em relação à etapa pós-secagem. As determinações foram realizadas com seis repetições.

### Análise bromatológica

Após a moagem, uma amostra de 100 gramas do farelo obtido de cada subproduto foi separada para

análise, embalada e encaminhada para um laboratório especializado em análises de alimentação animal. Nas amostras foram realizadas análises bromatológicas e de cafeína, visando subsidiar a formulação das dietas experimentais destinadas ao tambaqui. O restante foi mantido sob refrigeração até a formulação das rações experimentais.

### Formulação e inclusão dos farelos na ração para tambaqui

Com o objetivo de avaliar a viabilidade da inclusão de subprodutos do guaranazeiro na alimentação de tambaqui, foram formuladas rações experimentais utilizando software de formulação de dietas. Para a confecção das rações, todos os ingredientes foram previamente moídos e pesados conforme as proporções estabelecidas. Inicialmente, o farelo de soja e o milho moído foram misturados e homogeneizados, sendo posteriormente incorporados à pré-mistura contendo *premix* mineral e vitamínico, fosfato bicálcico e sal comum. Em seguida, adicionaram-se a farinha de peixe, o farelo de folha e o farelo de pericarpo (testados separadamente), nos níveis de 0, 10, 20, 30, 40 e 50%, e a massa foi novamente homogeneizada – no total foram 6 níveis para cada subproduto. Após a mistura (Figura 4), adicionou-se entre 30 e 50% de água, até que se atingisse a consistência adequada para o processo de peletização. O material obtido foi transformado em pellets de aproximadamente 4 mm de comprimento e então submetido à secagem em estufa de ventilação forçada a 50 °C por aproximadamente 24 horas (Figura 5). As rações secas foram acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em geladeira (5 °C), para posterior utilização nos ensaios de aceitabilidade, desempenho zootécnico e análises bioquímicas.



**Figura 4.** Mistura dos ingredientes para o preparo das rações.

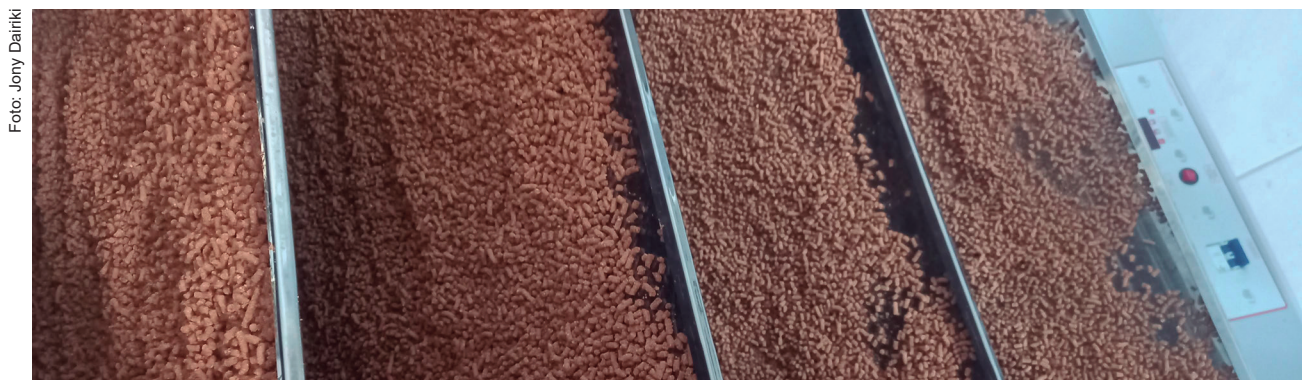


Foto: Jony Dairiki

**Figura 5.** Rações prontas em estufa para secagem.

## Resultados e discussão

Os rendimentos após secagem e após moagem estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Rendimentos pós-secagem e pós-moagem das folhas e do pericarpo de guaranazeiro (*Paullinia cupana*).

Resíduo	Rendimento	
	Após secagem (%)	Após moagem (%)
Folhas de <i>P. cupana</i>	47,35 ± 2,78	94,04 ± 1,29
Pericarpo de <i>P. cupana</i>	31,07 ± 1,16	91,53 ± 3,30

O rendimento é um indicador-chave para determinar a viabilidade nutricional, econômica e operacional de ingredientes alternativos. Ele orienta

decisões sobre coleta, processamento, transporte e armazenamento, além de indicar o custo real e a viabilidade de substituição de ingredientes comerciais (Rosle et al., 2024).

A composição bromatológica das folhas e do pericarpo de guaranazeiro estão na Tabela 2.

A composição bromatológica é o pilar central da nutrição animal, pois permite caracterizar com precisão o valor nutricional dos ingredientes e embasar formulações adequadas para cada espécie. Ela orienta a formulação, assegura o desempenho, reduz custos, aumenta a eficiência do uso de nutrientes e possibilita o aproveitamento sustentável de ingredientes alternativos. Sem a análise bromatológica, não há controle de qualidade nem segurança na utilização de insumos, especialmente em sistemas que buscam inovação, economia circular e sustentabilidade (Furuya, 2010; National Research Council, 2011; Dairiki et al., 2023).

**Tabela 2.** Composição bromatológica das amostras de folhas e pericarpo de guaranazeiro (*Paullinia cupana*).

Ingrediente	Umidade (%)	Matéria seca (%)	Energia bruta (Cal g <sup>-1</sup> )	Extrato etéreo (%)	Fibra bruta (%)	Proteína bruta (%)	Cafeína (mg kg <sup>-1</sup> )
Folha de <i>P. cupana</i>	7,24	92,76	4.628	5,28	24,54	14,98	3.329
Pericarpo de <i>P. cupana</i>	13,57	86,43	4.204	6,41	27,81	12,45	3.157

Com base nas análises bromatológicas realizadas nos ingredientes e nos farelos de folha e de pericarpo do guaranazeiro, foram formuladas as rações experimentais destinadas aos juvenis de tambaqui. As formulações contendo farelo de folhas de guaranazeiro (Tabela 3) e farelo de pericarpo de guaranazeiro (Tabela 4) contemplaram 6 níveis de inclusão para cada subproduto: 0, 10, 20, 30, 40 e 50%, o que permitirá avaliar o potencial nutricional

e os limites de uso de cada um dos ingredientes na alimentação da espécie.

O aproveitamento de subprodutos agroindustriais amazônicos, como os resíduos do guaranazeiro, representa uma alternativa estratégica para diversificação de ingredientes e redução de custos em sistemas aquícolas regionais. Estudos recentes apontam que o processamento do fruto de guaraná gera frações significativas de cascas, sementes

e polpa residual, correspondendo a cerca de 30% da massa total do fruto, com elevado potencial de valorização dentro de modelos de economia circular (Azevedo et al., 2025). O rendimento de matéria seca desses resíduos após processamento é alto, aproximadamente 89%, e o teor de proteína bruta pode alcançar 18% a 20%, com extrato etéreo médio de 5% e teor mineral em torno de 5%,

valores compatíveis com ingredientes energéticos e fibrosos empregados em dietas de peixes onívoros (Pinho et al., 2023). Além do valor nutricional, as cascas de guaraná concentram minerais (Ca, K, Mg, Fe e Zn) e compostos bioativos como cafeína e teobromina, conferindo propriedades antioxidantes e funcionais relevantes (Pinho et al., 2021).

**Tabela 3.** Formulação e composição calculada (%) das rações experimentais para tambaqui com diferentes níveis de inclusão do farelo de folhas de guaranazeiro.

Ingrediente	Rações experimentais					
	0%	10%	20%	30%	40%	50%
Farelo de soja	37,22	37,11	35,52	33,57	31,25	20,16
Milho moído	30,00	30,00	22,00	12,00	0,00	0,00
Farelo de trigo	14,19	3,88	2,61	3,59	6,83	0,02
Farinha de peixe	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	22,00
Fosfato bicálcico	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Premix mineral e vitaminico	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Sal comum	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Inerte (kaolin)	0,49	0,91	1,77	2,74	3,82	4,72
<i>Folhas de guaranazeiro</i>	<i>0,00</i>	<i>10,00</i>	<i>20,00</i>	<i>30,00</i>	<i>40,00</i>	<i>50,00</i>
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
Energia bruta (Kcal/kg)	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
Extrato etéreo (%)	2,81	3,00	3,31	3,64	3,99	4,84
Fibra bruta (%)	6,31	7,40	9,30	11,40	13,71	14,93
Proteína bruta (%)	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00
Matéria mineral (%)	2,93	2,54	2,33	2,17	2,06	1,16
Cafeína (mg/kg)	0,00	308,80	617,60	926,41	1.235,21	1.544,01

**Tabela 4.** Formulação e composição calculada (%) das rações experimentais para tambaqui com diferentes níveis de inclusão do farelo de pericarpo de guaranazeiro.

Ingrediente	Rações experimentais					
	0%	10%	20%	30%	40%	50%
Farelo de soja	35,26	36,09	32,63	33,60	34,34	20,48
Milho moído	20,00	20,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Farelo de trigo	16,43	5,05	18,46	6,58	0,25	0,00
Farinha de peixe	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	24,00
Farinha de trigo	10,00	10,00	10,00	10,00	5,00	0,00
Fosfato bicálcico	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Premix mineral e vitaminico	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Continua [...]

Tabela 4. Continuação.

Ingrediente	Rações experimentais					
	0%	10%	20%	30%	40%	50%
Sal comum	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Inerte (kaolin)	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Óleo de soja	0,00	0,76	0,81	1,72	2,31	2,42
<i>Pericarpa guaranazeiro</i>	0,00	10,00	20,00	30,00	40,00	50,00
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
Energia bruta (Kcal/kg)	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
Extrato etéreo (%)	2,86	3,10	3,67	3,89	4,19	5,36
Fibra bruta (%)	6,28	7,45	10,85	11,97	13,71	15,77
Proteína bruta (%)	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00
Matéria mineral (%)	2,87	2,49	2,62	2,23	2,01	1,18
Cafeína (mg/kg)	0,00	272,86	545,71	818,57	1.091,43	1.364,28

O bagaço de guaraná descafeinado também apresenta alta digestibilidade aparente de proteína ( $\approx 93\%$ ) e energia digestível próxima de  $16 \text{ MJ kg}^{-1}$ , evidenciando seu potencial como ingrediente energético em formulações de ração para peixes amazônicos (Medeiros et al., 2024). Outras matérias-primas regionais, como folhas e coprodutos da mandioca, apresentam teores proteicos médios na faixa de 20 a 21% (MS) e digestibilidade de 60 a 70%, reforçando a viabilidade do uso integrado de resíduos locais como alternativas às commodities tradicionais (Nwannaa et al., 2008; Hisano et al., 2013). Em síntese, os subprodutos da agroindústria amazônica, em especial do guaranazeiro, oferecem rendimentos satisfatórios de matéria seca e composição nutricional equilibrada, constituindo insumos promissores para formulações sustentáveis destinadas à piscicultura regional.

## Considerações finais

O aproveitamento de resíduos da agroindústria na alimentação animal representa uma estratégia essencial para o desenvolvimento de sistemas produtivos mais sustentáveis, eficientes e economicamente competitivos. Ao introduzir subprodutos agrícolas e industriais na cadeia zootécnica, reduz-se o descarte inadequado de materiais orgânicos e mitiga-se a pressão sobre recursos naturais, fortalecendo princípios de economia circular. Além disso, muitos desses resíduos apresentam composição nutricional relevante, contendo energia, proteínas,

fibras e compostos bioativos capazes de substituir parcialmente insumos convencionais, contribuindo para a redução dos custos de produção e para uma menor dependência de commodities como milho e soja. Essa abordagem também estimula a inovação tecnológica e a valorização de cadeias produtivas regionais, ampliando oportunidades – especialmente para pequenos e médios produtores. Paralelamente, há benefícios associados à redução das emissões de gases de efeito estufa e ao aumento da segurança alimentar, na medida em que o uso desses recursos amplia a disponibilidade de ingredientes e reduz a competição com alimentos destinados ao consumo humano. Nesse contexto, a utilização de resíduos agroindustriais na nutrição animal se destaca como alternativa estratégica que integra eficiência produtiva, sustentabilidade ambiental e desenvolvimento socioeconômico. No caso dos resíduos do guaranazeiro, estudos futuros *in vivo* serão conduzidos com o objetivo de determinar os níveis de inclusão mais adequados na alimentação do tambaqui.

## Agradecimentos

À Embrapa Amazônia Ocidental pela infraestrutura e à Fapeam pelo apoio financeiro, por meio da aprovação do projeto: 01.02.016301.03940/2022-08 do EDITAL N. 008/2022 – KUNHÃ – FAPEAM intitulado: “Sustentabilidade das cadeias produtivas amazônicas: resíduos da agroindústria do guaraná (*Paullinia cupana*) na nutrição, saúde e diminuição

do custo de rações para o tambaqui (*Colossoma macropomum*)”, sob coordenação da Dra. Cheila de Lima Boijink. Também agradecemos às bolsistas Dayse Carvalho da Costa (apoio técnico I, PDCA/Fapeam), Ana Rebeca Silva Carvalho (iniciação científica, PAIC/Fapeam), Gessica Aline Nogueira dos Santos (apoio técnico III, PDCA/Fapeam) e Isabela da Fonseca Silva (iniciação científica, Pibic/CNPq).

## Referências

- ARRUDA, M. R.; FERRAZ, I. D. K.; COSTA, J. R. M.; SOUZA, A. G. C. Produção e distribuição de fitomassa no guaranazeiro (*Paullinia cupana* H.B.K. var. *sorbilis* (Mart.) Ducke). **Ciência Agrotecnologia**, v. 33, p. 1841-1847, 2009. Edição especial.
- AZEVEDO, G. T.; SOUZA, G. L.; LEONARSKI, E.; LOTAS, K. M.; SILVA, G. H. B.; BATISTA, F. R. M.; CESCO, K.; OLIVEIRA, D.; PEREIRA, A. M.; SOUZA, L. S. S. Valorization of guarana (*Paullinia cupana*) production chain waste - a review of possible bioproducts. **Resources**, v. 14, n. 6, p. 98, 2025.
- DAIRIKI, J. K.; SILVA, A. M.; SIMÃO, F. T. S.; SILVA, L. I. P.; BOIJINK, C. L.; TAKAHASHI, L. S. **Uso do resíduo da agroindústria de polpa de goiaba na alimentação de juvenis de tambaqui**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2023. 21 p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 50).
- DANTAS, F. M.; SOUZA, Y. M.; SANTANA, T. M.; SANTOS, D. K. M.; FONSECA, F. A. L.; GONÇALVES, L. U. A Sustainable diet for tambaqui farming in the Amazon: growth performance, hematological parameters, whole-body composition and fillet color. **Animals**, v. 14, n. 8, art. 1165, 2024.
- FURUYA, W. M. **Nutrição de peixes: fundamentos e aplicações**. Jaboticabal: Funep, 2010.
- HISANO, H.; MARUYAMA, M. R.; ISHIKAWA, M. M.; MELHORANCA, A. L.; OTSUBO, A. A. **Potencial da utilização da mandioca na alimentação de peixes**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2008. 29 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 94).
- HISANO, H.; PIETRO, P. S. de; BARROS, M. M. de; PEZZATO, L. E. Composição bromatológica e digestibilidade aparente da parte aérea seca da mandioca na alimentação de tilápia-do-Nilo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 8, p. 1119-1123, ago. 2013.
- MACUSI, E. D.; CAYACAY, M. A.; BORAZON, E. Q.; SALES, A. C.; HABIB A.; FADLI, N.; SANTOS, M. D. Protein fish meal replacement in aquaculture: an overview. **Sustainability**, v. 15, n. 16, art. 12500, 2023.
- MAJLUF, P.; MATTHEWS, K.; PAULY, D.; SKERRITT, D. J.; PALOMARES, M. L. D. A review of the global use of fishmeal and fish oil and the fish in: fish out metric. **Science Advances**, v. 10, n. 42, eadn5650, 2024.
- MASI, M.; ADINOLFI, F.; VECCHIO, Y.; AGNUSDEI, G. P.; COLUCCIA, B. Toward the circular economy in the aquaculture sector: bibliometric, network and content analyses. **Sustainability**, v. 16, n. 13, art. 5405, 2024.
- MEDEIROS, P. A.; SANTOS, R. B.; IZÉL-SILVA, J.; OISHI, C. A.; GONÇALVES, L. U.; AFFONSO, E. G. Amazonian agro-industrial by-products with potential use in aquafeeds. **SSRN Electronic Journal**, 22 jan. 2024.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of fish and shrimp**. Washington, DC: National Academies Press, 2011.
- NWANNA, L. C.; OISHI, C. A.; PEREIRA-FILHO, M. Use of phytase to improve the digestibility of alternative feed ingredients by Amazon tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Science Asia**, v. 34, p. 353-360, 2008.
- OSEI, S. A.; AYISI, C. L.; BOAMAH, G. A.; MENSAH, G. D. The circular economy in aquaculture and fisheries: enhancing sustainability and food security. **Circular Economy and Sustainability**, v. 5, p. 4565-4614, 2025.
- PINHO, L. S.; PATEL, B. K.; CAMPANELLA, O. H.; RODRIGUES, C. E. C.; FAVARO-TRINDADE, C. S. Microencapsulation of carotenoid-rich extract from guaraná peels and study of microparticle functionality through incorporation into an oatmeal paste. **Foods**, v. 12, n. 6, art. 1170, 2023.
- PINHO, L. S.; SILVA, M. P.; THOMAZINI, M.; COOPERSTONE, J. L.; CAMPANELLA, O. H.; RODRIGUES, C. E. R.; FÁVARO-TRINDADE, C. S. Guaraná (*Paullinia cupana*) by-product as a source of bioactive compounds and as a natural antioxidant for food applications. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 45, n. 10, e15854, 2021.
- ROSLE, S.; MOHD RAHIM, M. S.; AGUSTONO, A.; NOR HIZAMI, H. Alternative Feeds for sustainable aquaculture: a comprehensive structured review. **Journal of Science, Technology and Innovation Policy**, v. 10, n. 2, p. 1-11, dez. 2024.
- SANDSTRÖM, V.; LAMMINEN, C. Food-system by-products upcycled in livestock and aquaculture feed. **Nature Food**, v. 3, p. 729-740, Sept. 2022.
- VALENTE, L. M. P.; COSTAS, B.; MEDALE, F.; PÉREZ-SÁNCHEZ, J.; GLENCROSS, B. Editorial: Feeding a sustainable blue revolution: the physiological consequences of novel ingredients on farmed fish. **Frontiers in Physiology**, v. 13, 1092064, 2022.

VALENTI, W. C.; BARROS, H. P.; MORAES-VALENTI, P.; BUENO, G. W.; CAVALLI, R. O. Aquaculture in Brazil: past, present and future. **Aquaculture Reports**, v. 19, 100611, 2021.



Ministério da  
Agricultura e Pecuária