

OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL

2 FOME ZERO
E AGRICULTURA
SUSTENTÁVEL



BASES PARA O MANEJO ALIMENTAR SUSTENTÁVEL NA PISCICULTURA

*Roselany de Oliveira Côrrea
Rayette Souza da Silva*

Embrapa

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Amazônia Oriental
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

BASES PARA O MANEJO ALIMENTAR SUSTENTÁVEL NA PISCICULTURA

*Roselany de Oliveira Côrrea
Rayette Souza da Silva*

Embrapa
Brasília, DF
2022

Embrapa Amazônia Oriental

Tv. Dr. Enéas Pinheiro, s/nº
CEP 66095-903 Belém, PA
Fone: (91) 3204-1000
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Unidade responsável pelo conteúdo e pela edição

Embrapa Amazônia Oriental

Comitê Local de Publicação

Presidente

Bruno Giovany de Maria

Secretária-executiva

Narjara de Fátima Galiza da Silva Pastana

Secretária

Luciana Serra da Silva Mota

Membros

Alexandre Mehl Lunz

Andréa Liliane Pereira da Silva

Anna Christina Monteiro Roffé Borges

Gladys Beatriz Martinez

Laura Figueiredo Abreu

Patricia de Paula Ledoux Ruy de Souza

Vitor Trindade Lôbo

Walnice Maria Oliveira do Nascimento

Supervisão editorial e revisão de texto

Narjara de Fátima Galiza da Silva Pastana

Normalização bibliográfica

Andréa Liliane Pereira da Silva

Projeto gráfico, capa, tratamento de ilustrações e fotografias e
edição eletrônica

Vitor Trindade Lôbo

1ª edição

Publicação digital (2022): PDF

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Amazônia Oriental

Corrêa, Roselany de Oliveira.

Bases para o manejo alimentar sustentável na piscicultura / Roselany de
Oliveira Corrêa, Rayette Souza da Silva. – Brasília, DF : Embrapa, 2022.

PDF (50 p.) : il. color.

ISBN 978-65-89957-16-4

1. Piscicultura. 2. Nutrição animal. 3. Manejo. 4. Sustentabilidade. I. Silva, Rayette
Souza da. II. Título. III. Embrapa Amazônia Oriental.

CDD 639.1

Andréa Liliane Pereira da Silva (CRB-2/1166)

© Embrapa, 2022

AUTORAS

Roselany de Oliveira Corrêa

Bióloga, doutora em Ciência Animal e Pastagens, pesquisadora da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA

Rayette Souza da Silva

Engenheira de pesca e bióloga, doutora em Ciência Animal, professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Belém, PA

APRESENTAÇÃO

A piscicultura brasileira é uma atividade relativamente recente em comparação com outros tipos de criação animal (avicultura, bovinocultura, suinocultura). A alta disponibilidade de água, as condições climáticas favoráveis e uma crescente demanda de mercado, aceleraram seu ritmo de crescimento nos últimos anos, permitindo prever que, até 2030, 60% dos peixes disponíveis para o consumo humano serão produzidos em cativeiro. Isso representa um ganho ambiental, uma vez que reduz a pressão pesqueira sobre os estoques naturais, e ganhos sociais importantes, pois viabiliza a segurança alimentar, com o acesso a uma proteína de alta qualidade e geração de trabalho e renda para diversos profissionais ligados direta ou indiretamente a segmentos dessa cadeia produtiva, em consonância com a meta 2.4 do Objetivo do Desenvolvimento Sustentável (ODS) 2, que visa combater a fome estimulando o uso de sistemas sustentáveis de produção de alimentos subsidiando a implementação de práticas resilientes, que aumentem a produtividade e a produção.

No entanto, para manter esse cenário, é fundamental o acesso dos produtores a informações que subsidiem o planejamento e a gestão sustentáveis de seu estabelecimento. Um dos pontos mais limitantes das pisciculturas é o elevado preço das rações, que perfaz cerca de 60% dos custos de produção. A elevada exigência de peixes por proteína (ingrediente mais caro da ração), a necessidade de extrusar as rações para melhorar a qualidade e minimizar o lixiviamento de nutrientes na água, além de custos com transporte e

impostos, são alguns fatores que impactam no preço desse insumo. Assim sendo, durante o ciclo de criação, o manejo alimentar dos peixes deve ser bem planejado para evitar desperdícios e consequentes perdas econômicas.

Neste contexto, esta publicação foi elaborada com o propósito de estimular a adoção de boas práticas de manejo na criação de peixes, a fim de otimizar o aproveitamento do alimento utilizado, reduzir o desperdício e, conseqüentemente, o risco econômico da atividade. Para isso, aborda aspectos teóricos da nutrição e alimentação e fornece orientações atualizadas de práticas que podem ser utilizadas no manejo alimentar rotineiro e na avaliação do desempenho zootécnico dos ciclos de criação. Se bem aplicadas, podem garantir o bem-estar animal, proporcionando incrementos de produtividade com mínimo impacto ambiental e maior lucratividade, bases para fazer da piscicultura uma atividade duradoura e sustentável.

Walkymário de Paulo Lemos

Chefe-Geral da Embrapa Amazônia Oriental

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO, 9

A ALIMENTAÇÃO DOS PEIXES, 10

NUTRIENTES IMPORTANTES PARA OS PEIXES, 11

Proteínas, 12

Carboidratos, 13

Lípidios, 14

Vitaminas, 14

Minerais, 14

TRATO GASTROINTESTINAL (TGI) DOS PEIXES X HÁBITO ALIMENTAR, 15

A DIGESTÃO NOS PEIXES, 16

ALIMENTAÇÃO E MANEJO ALIMENTAR NA PISCICULTURA, 18

Rações, 20

Arraçamento, 30

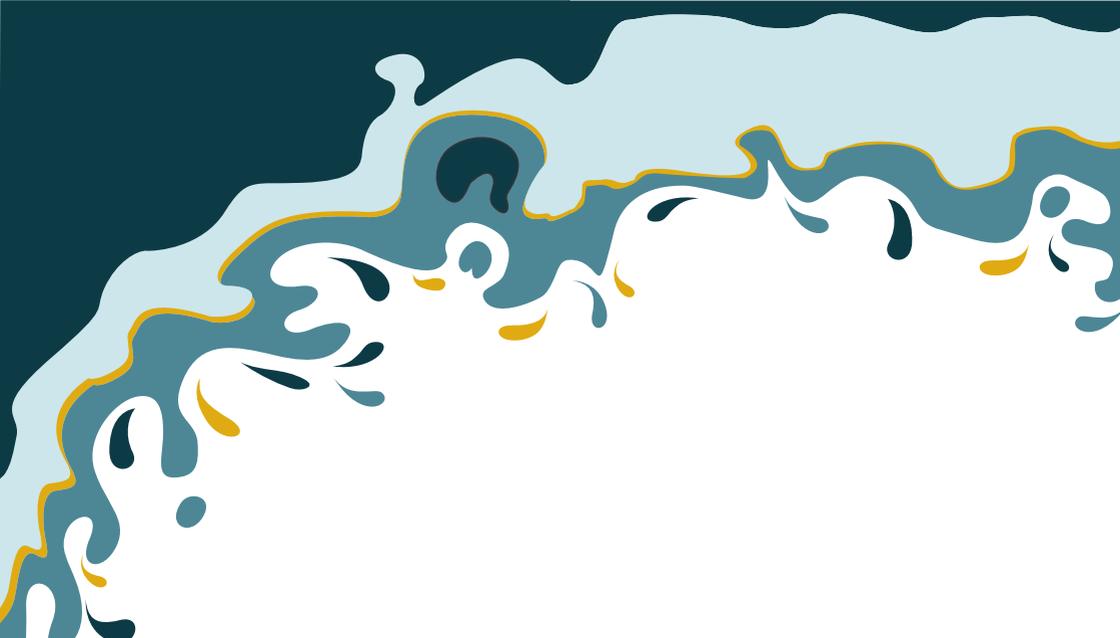
Fatores que afetam o consumo, 38

Indicadores de desempenho zootécnico, 41

Sistema de criação x manejo alimentar, 44

CONSIDERAÇÕES FINAIS, 44

REFERÊNCIAS, 44



INTRODUÇÃO

A piscicultura brasileira produziu 841.005 t em 2021, representando um crescimento de 4,7% sobre a produção de 2020. O País mantém-se na quarta posição entre os maiores produtores mundiais de tilápia e, entre as espécies nativas, destaca-se na produção de tambaqui (Anuário..., 2022). A carne dos peixes, de forma geral, possui elevado valor biológico, é rica em aminoácidos essenciais e possui lipídios (gordura) cuja composição contém até 40% de ácidos graxos insaturados de cadeia longa (EPA e DHA) (Secci; Parisi, 2016), que proporcionam efeitos benéficos à saúde humana. Além disso, são importante fonte de selênio, iodo e vitaminas A, D e E (National Research Council, 2011; Jabeen; Chaudhry, 2011; Tocher, 2015), o que atrai um mercado consumidor exigente, aumentando a demanda e estimulando o incremento da produção.

No entanto, a qualidade do peixe de cativeiro tem forte influência da alimentação utilizada e do manejo alimentar praticado. Nas pisciculturas intensivas e semi-intensivas, a alimentação equivale a cerca de 60% dos custos de produção (Hasan; New, 2013), muito em razão da elevada exigência que esse animal tem por proteína (em comparação com animais de criação terrestres) e pelo tipo de processamento ao qual os alimentos convencionais utilizados na criação são submetidos para otimizar o aproveitamento dos nutrientes no meio aquático.

Os peixes têm hábitos alimentares distintos. Das espécies dulcícolas disponíveis no mercado nacional para a criação, destacam-se dois grupos:

onívoros e carnívoros. Espécies onívoras (tambaquis e seus híbridos, tilápias, matrinxã, etc.) têm grande plasticidade digestiva, alimentando-se tanto de fontes de origem animal quanto vegetal; enquanto espécies carnívoras (pirarucus, surubins, pintados, tucunarés, etc.) são mais eficientes na digestão de alimentos de origem animal.

Peculiaridades relacionadas ao hábito alimentar de cada espécie criada devem ser conhecidas pelo produtor para que possa planejar o manejo alimentar adequado, criar estratégias para potencializar o crescimento dos peixes, principalmente nas fases iniciais, quando as taxas de crescimento são elevadas, evitando o uso inadequado dos alimentos (naturais ou artificiais) e o consequente prejuízo ambiental (qualidade da água) e econômico.

Formas jovens de tambaquis, por exemplo, apresentam grande capacidade filtradora, o que torna o zooplâncton presente nos viveiros uma importante fonte de proteína nessa fase inicial do desenvolvimento. Dessa forma, é possível trabalhar de forma estratégica com uma boa adubação dos viveiros, para aumentar a disponibilidade desse alimento natural, fonte proteica de ótima qualidade. Larvas de matrinxã, por sua vez, mal abrem a boca no 1º dia após a eclosão, iniciam um canibalismo agressivo, aumentando as taxas de mortalidade em até 80% nessa fase inicial do desenvolvimento, característica que limita a produção dessa espécie (Wolkers et al., 2012). Ao longo do desenvolvimento, no entanto, esse comportamento estritamente piscívoro das larvas é substituído pelo hábito onívoro.

Assim como podem existir mudanças no hábito alimentar dos peixes ao longo do seu ciclo de vida, a exigência nutricional também muda. Formas jovens exigem dietas com elevados teores proteicos (> 40% de proteína bruta), enquanto indivíduos adultos têm sua exigência atendida com teores menores (28% de proteína bruta). É por isso que existe no mercado uma grande variedade de rações específicas para cada fase do ciclo e hábito alimentar, formuladas para atender essas particularidades.

A ALIMENTAÇÃO DOS PEIXES

Na piscicultura, a diversidade de espécies de peixes com hábitos alimentares e exigências nutricionais distintas, que mudam ao longo do ciclo, exige que o produtor se familiarize com tipos de alimento e manejos alimentares adequados a cada espécie e à fase do ciclo em que se encontra (Zavala-Camin, 1996; Rotta, 2003; Sanz, 2009).

Formas jovens de peixes são **filtradoras** ou planctófagas, ou seja, utilizam os rastros branquiais para filtrar plânctons presentes na água, que constituem uma rica fonte de nutrientes. A maioria das espécies mantém essa capacidade apenas nas fases iniciais do desenvolvimento, como tambaqui (*Colossoma macropomum*), pacu, pirarucu (*Arapaima gigas*); outras mantêm essa capacidade por toda a vida, como tilápia-nilótica (*Oreochromis niloticus*), carpa-cabeçuda (*Hypophthalmichthys nobilis*) e carpa-prateada (*Hypophthalmichthys molitrix*) (Rotta, 2003).

Espécies **herbívoras** consomem com habilidade alimentos de origem vegetal, sendo a carpa-capim (*Ctenopharyngodon idella*) uma das espécies mais conhecidas. As **onívoras** têm plasticidade digestiva, ou seja, aproveitam com habilidade alimentos de origem vegetal e animal, por exemplo, tambaqui, piau (*Leporinus* sp.) e pirapitinga (*Piaractus brachypomus*). Espécies carnívoras têm hábito mais restrito, digerem com eficiência alimentos de origem animal, mas têm baixo aproveitamento das fontes vegetais, por exemplo, pirarucu, tucunaré (*Cichla* sp.) e pintado (*Pseudoplatystoma* sp.). Existem ainda espécies **detritívoras**, como o curimatã (*Prochilodus* sp.), que se alimentam de matéria orgânica animal ou vegetal em decomposição e/ou fermentação. No entanto, é difícil identificar aquelas estritamente detritívoras, pois, na verdade, esse é um comportamento oportunista (Zavala-Camin, 1996; Lima et al., 2015; Reis et al., 2018; Woynárovich; Van Anrooy, 2019).

NUTRIENTES IMPORTANTES PARA OS PEIXES

A ingestão é a via primária que um animal usa para acessar substâncias químicas do ambiente, porém, os peixes também conseguem obter íons essenciais captando-os através da superfície epitelial externa (brânquias e pele). Alguns nutrientes assimilados são degradados para liberarem energia química e o restante é usado para construir outras moléculas. Alguns desses nutrientes não podem ser sintetizados pelo organismo (essenciais), havendo necessidade de adquiri-los pela alimentação; outros podem ser produzidos a partir de outras macromoléculas (não essenciais). Por sua participação em quantidade, são classificados em macro e micronutrientes. Os três principais macronutrientes são proteínas, carboidratos e lipídios. Entre os micronutrientes temos vitaminas e minerais.

Proteínas

São moléculas importantes para a estrutura e metabolismo do organismo, constituídas por unidades de aminoácidos essenciais (arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano e valina) e não essenciais (alanina, asparagina, aspartato, cisteína, glicina, glutamato, glutamina, prolina, serina e tirosina). Proteínas de maior valor nutricional apresentam maior conteúdo de aminoácidos essenciais.

Em síntese, o aproveitamento da proteína dietética depende de:

- 1) **Espécie e hábito alimentar**, que podem conferir maior ou menor plasticidade digestiva ao peixe.
- 2) **Idade**. Formas jovens têm maior exigência proteica do que formas adultas, porque precisam sustentar taxas de crescimento elevadas e maior deposição de tecidos.
- 3) **Fatores ambientais**. A baixa qualidade da água (pH, oxigênio dissolvido e amônia) pode interferir negativamente no aproveitamento da proteína.
- 4) **Qualidade da proteína** relacionada ao perfil de aminoácidos da dieta, principalmente dos essenciais, necessários para promover o máximo crescimento e manter o animal saudável. Em geral, as fontes proteicas de origem animal são melhor aproveitadas do que as de origem vegetal por seu perfil de aminoácidos e pela ausência de fatores antinutricionais, muito comuns nos vegetais.
- 5) **Nível de inclusão nas dietas**. Como fontes proteicas são relativamente caras, é importante utilizar nas rações inclusões adequadas à exigência nutricional da espécie. Peixes têm exigência por aminoácidos e não armazenam seu excesso no organismo, utilizam-no como fonte energética em substituição a carboidratos e lipídios, havendo como consequência a deposição de gordura na carcaça e maior liberação de amônia no ambiente, o que conseqüentemente pode comprometer a qualidade do pescado produzido, prejudicar a qualidade da água e representar perda econômica.

Quando peixes ingerem o alimento, a proteína é degradada por ação de enzimas digestivas em moléculas menores, que podem ser destinadas a duas rotas metabólicas:

- Catabolismo (degradação) – que vai gerar energia para a manutenção do organismo.
- Anabolismo (síntese) – que vai sintetizar ‘de novo’ proteínas, entre elas as estruturais que refletem o crescimento.

A estreita relação entre degradação e síntese é que rege o crescimento dos peixes. Quando são alimentados com proteínas de baixa qualidade, a degradação supera a síntese e o excesso de energia disponível promove deposição de gordura e/ou dá ao animal a sensação de saciedade, que por isso diminui o consumo antes mesmo de ter sua exigência proteica atendida, o que consequentemente reduz o crescimento do animal. Dessa forma, é importante utilizar rações elaboradas com fontes proteicas de qualidade para garantir o máximo crescimento no menor tempo possível.

Peixes utilizam preferencialmente proteínas como fonte energética, o que, para a piscicultura, não é uma característica interessante. No entanto, conseguem atender sua exigência energética utilizando fontes não proteicas (lipídios e carboidratos), comparativamente mais baratas (Zavala-Camin, 1996; Tacon et al., 2009; Sanz, 2009; National Research Council, 2011).

Carboidratos

A escassez de carboidratos no ambiente aquático fez com que os peixes se adaptassem a utilizar proteínas e lipídios como fontes de energia. Consequentemente, aparentam não ter exigência por carboidratos, conseguindo sintetizar eficientemente a glicose, a partir de aminoácidos, através da gliconeogênese. Mesmo assim, conseguem aproveitar os carboidratos dietéticos, poupando o uso da proteína e viabilizando formulações de baixo custo e menor impacto ambiental.

O aproveitamento dos carboidratos varia em função da espécie, do hábito alimentar, do clima da região e do tipo de carboidrato (complexidade da molécula). Espécies de hábito alimentar onívoro e herbívoro têm maior plasticidade digestiva, digerindo essas fontes com maior habilidade que carnívoros, em função da atividade de suas enzimas digestivas, sobretudo carboidrases. Peixes de águas quentes digerem com maior eficiência carboidratos complexos (amido e dextrina) que os de água fria, mais adaptados a utilizar monossacarídeos e dissacarídeos (Hemre et al., 2002).

Lipídios

Principal reserva de energia para animais. São importantes porque dão maior palatabilidade ao alimento, servem de veículo para absorção de vitaminas lipossolúveis e esteroides e desempenham importante papel na estrutura das membranas biológicas na forma de fosfolipídios e ésteres de esteroides. Representam a maior fonte de energia metabólica para a reprodução. Lipídios dietéticos são absorvidos por enterócitos nos cecos pilóricos e intestino (segmento anterior) após sofrer a ação de enzimas digestivas (lipases e fosfolipases), que degradam essas moléculas em partículas menores, as quais são transportadas em micelas até a superfície da mucosa e atravessam a barreira intestinal por difusão.

Nas rações atualmente formuladas (principalmente para carnívoros e espécies marinhas), existe uma tendência em aumentar o conteúdo lipídico para poupar proteínas, melhorar a conversão alimentar e diminuir a excreção nitrogenada (Olsen; Ringo, 1997; Tocher, 2003).

Vitaminas

Compostos orgânicos que participam de processos biocatalíticos nas células. Apesar de serem consideradas essenciais, algumas conseguem ser sintetizadas no organismo a partir de precursores, como a niacina (B3), que pode ser sintetizada a partir do triptofano; o colecalciferol (D), a partir do colesterol sob radiação ultravioleta; o retinol (A), a partir de precursores (principalmente β -caroteno). Apesar de, em alguns animais, a microbiota intestinal ativar a síntese e disponibilizar ao hospedeiro algumas vitaminas, como as do grupo B e K, em peixes essa atividade é limitada, havendo necessidade de ingerir vitaminas através da alimentação. Para o grupo dos peixes, as vitaminas E (α -tocoferol) e C (ácido ascórbico) são as mais relevantes. A vitamina E tem importante função antioxidante, enquanto a vitamina C atua, entre outras funções, na vitelogenese e no estímulo da resposta imune (National Research Council, 2011).

Minerais

São micronutrientes com função plástica e reguladora do organismo, necessárias aos peixes em quantidades muito pequenas (cerca de 100 mg/kg), mas o excesso tem efeito tóxico. A biodisponibilidade dos minerais depende do teor, do tamanho, da forma da partícula onde se encontra o nutriente, da digestibilidade da dieta, das interações entre nutrientes, das

condições fisiopatológicas do peixe e da concentração de minerais na água. São importantes para a formação do esqueleto, manutenção de sistemas coloidais, regulação do equilíbrio ácido-base e de compostos biologicamente importantes, como hormônios e enzimas (Moraes; Almeida, 2014).

TRATO GASTROINTESTINAL (TGI) DOS PEIXES X HÁBITO ALIMENTAR

Diferentes hábitos alimentares resultam de uma série de adaptações evolutivas e/ou ambientais das espécies visando garantir o acesso aos nutrientes necessários para o crescimento e manutenção do organismo, o que é feito através do TGI e de órgãos acessórios.

De modo geral, o TGI dos peixes é dividido em regiões **cefálica** (boca e faringe), **anterior** (esôfago e estômago), **intestino médio** (primeiro segmento do intestino) e **intestino posterior** (reto) (Gonçalves et al., 2013). A região cefálica é responsável pela captura e processamento mecânico; na região anterior, ocorre a digestão química da digesta; no intestino médio, continua a digestão química e ocorre a absorção dos nutrientes; no intestino posterior, ocorre maior absorção de macromoléculas, no entanto, as funções digestivas e absorptivas vão gradualmente diminuindo, enquanto a produção de muco aumenta (Ray; Ringo, 2014).

Nas fases iniciais do desenvolvimento, os peixes apresentam TGI muito simples, que vai adquirindo maior complexidade ao longo do desenvolvimento da fase larval para a juvenil. Algumas espécies herbívoras, micrófagas (que se alimentam de pequenas partículas ou seres microscópicos) e detritívoras não desenvolvem estômago, mesmo quando adultas (por exemplo, ciprinídeos, carpas). Nas espécies que desenvolvem estômago, o formato anatômico dessa estrutura é variável, podendo apresentar formato de tubo simples ou bolsa alongada, em 'Y' ou 'J'. Suas paredes são elásticas e, em carnívoros, têm grande capacidade de distensão (Wilson; Castro, 2011; Moraes; Almeida, 2014).

A extensão do TGI dos peixes e a forma como as alças intestinais se organizam na cavidade celomática é variável. No ambiente natural, espécies carnívoras apresentam TGI relativamente mais curto que herbívoros (embora não seja regra), pois consomem proteínas de alto valor biológico que são eficientemente degradadas pelos processos endógenos de digestão (enzimas proteolíticas). Entre espécies de peixes com o mesmo

hábito alimentar, o menor tamanho do intestino nem sempre é indicativo de maior eficiência nos processos de digestão, sendo importante estudar as estratégias alimentares que a espécie utiliza para potencializar a captação dos nutrientes. Algumas espécies onívoras de trato longo desenvolvem uma relação de simbiose com microrganismos (bactérias) que se instalam em segmentos do intestino (geralmente região posterior) e atuam na fermentação da digesta, disponibilizando nutrientes que, de outra forma, não seriam obtidos (German et al., 2015).

A extensão e a microestrutura da parede intestinal (sobretudo a mucosa intestinal) podem sofrer alterações em função do tipo de alimento consumido, que podem comprometer e/ou potencializar a absorção de nutrientes. A crescente utilização de fontes proteicas vegetais nas dietas para peixes (sobretudo carnívoros) tem favorecido a ocorrência de enterites, mais frequentes no segmento posterior do intestino. Com a instalação desse processo inflamatório, a capacidade de absorção dos nutrientes é prejudicada, refletindo na redução do crescimento.

A DIGESTÃO NOS PEIXES

Consiste em dois processos: digestão mecânica e digestão química.

Na digestão mecânica os peixes não mastigam o alimento, os dentes e placas dentígeras, presentes em algumas espécies, atuam na sua apreensão, maceração e prensagem. Esse processo serve para maximizar a eficiência de aproveitamento do alimento, em combinação com os demais processos digestivos (Gonçalves et al., 2013).

A digestão química inicia no estômago, que, em peixes, apresenta pH entre 2,0 e 3,0, proporcionado por células secretoras de ácido clorídrico, cuja atividade é estimulada por mecanorreceptores (distensão gástrica) e quimiorreceptores (peptídeos e aminoácidos). Na mucosa também são encontradas células secretoras de zimogênios (pepsinogênio), hormônios, além de células de muco concentradas apenas na parte distal. A atividade de várias enzimas já foi identificada no estômago de peixes, como amilases, lipases, laminarases e quitinases, mas, em espécies agástricas (sem estômago), a digestão química acontece no primeiro segmento do intestino, por ação de proteases alcalinas.

No intestino, será completada a digestão química da digesta e iniciada a absorção dos nutrientes, água e eletrólitos, disponibilizados para o metabolismo. Para isso, o papel da mucosa intestinal é muito importante,

porque é nesse “cenário” que acontecem as três dimensões da digestão, que são complementares: **digestão cavitária**, por ação de enzimas pancreáticas liberadas no lúmen do intestino; **digestão de membrana** (ou terminal), por enzimas presentes na borda em escova dos enterócitos; e **digestão intracelular**, por ação de enzimas presentes no citosol de enterócitos ou nos lisossomos (Kuz'mina; Gelman, 1997).

Durante a digestão, os nutrientes são degradados pela ação de enzimas específicas. No estômago, proteases – principalmente pepsinas – reduzem proteínas a polipeptídeos. No intestino, esses peptídeos sofrem ação de proteases pancreáticas (tripsina, quimotripsina, elastina, carboxipeptidases A e B), sendo reduzidos a fragmentos menores. Na borda em escova, aminopeptidases e dipeptidases hidrolisam esses fragmentos, tornando-os aptos à absorção. A absorção de aminoácidos, dipeptídeos e tripeptídeos ocorre por transporte ativo através de canais simporte, junto com o Na⁺. Simultaneamente, carboidratos sofrem o mesmo processo, principalmente nos cecos e intestino proximal, sendo reduzidos a monossacarídeos por ação de enzimas pancreáticas (amilase) e enzimas da borda em escova (glucoamilase e sacarase) para serem finalmente absorvidos. O transporte para o interior do enterócito é feito por um sistema carreador dependente de Na⁺, conhecido como transporte ativo (Bakke et al., 2011).

A digestão dos lipídios é iniciada no estômago, onde a lipase gástrica tem atuação fraca, mas hidrolisa gorduras de baixo ponto de fusão e emulsificadas. Nos cecos pilóricos e intestino proximal, a atividade é mais efetiva, pois componentes da bile liberada nesses compartimentos emulsificam a gordura e ativam as lipases pancreáticas. As lipases agem efetivamente sobre a gordura, reduzindo-a a ácidos graxos e monoglicerídeos. Os produtos da hidrólise da gordura se combinam com sais biliares para formar micelas e são absorvidos nos enterócitos por difusão (Tocher, 2003).

A atividade das enzimas digestivas é modulada pela dieta, denotando a digestibilidade dos nutrientes que a compõem. O perfil enzimático em peixes carnívoros favorece a digestão de proteínas e lipídios (maior relação lipase/protease), enquanto em onívoros favorece a digestão de carboidratos (maior relação amilase/protease e amilase/lipase) (Bakke et al., 2011), apesar de exceções registradas na literatura, atribuídas à plasticidade fenotípica de espécies (Caruso et al., 2009; Castro et al., 2013).

Considerando que a dieta é uma fonte heterogênea de nutrientes, o valor biológico de seus ingredientes e a interação (qualitativa e quantitativa) de seus constituintes pode causar desbalanço no processo digestivo e

consequente redução ou inibição da atividade enzimática. Dietas à base de fontes proteicas vegetais são frequentemente relacionadas a esses efeitos devido à presença de fatores antinutricionais, estando os inibidores de tripsina da soja (importante fonte proteica em rações comerciais para peixes) entre os mais citados. Esses inibidores diminuem a digestibilidade da proteína quando presentes em altas concentrações (> 5 mg/g). No entanto, algumas espécies conseguem compensar seus efeitos deletérios aumentando a secreção de tripsina e quimotripsina até a exaustão do pâncreas difuso (Olli et al., 1994). Outro efeito consiste na alteração da superfície da mucosa intestinal (reação inflamatória), que prejudica a digestão terminal e a absorção de nutrientes (Santigosa et al., 2008; Silva et al., 2010).

A digestão da gordura também pode ser afetada por antinutrientes como as saponinas e os fitoesteróis. As saponinas possuem elevada afinidade com colesterol e sais biliares, interferem na digestão de lipídeos e no metabolismo de esteróis. Fitoesteróis são compostos presentes na porção lipídica das plantas e são introduzidos nos alimentos para os organismos aquáticos em geral, peixes em particular, através dos óleos vegetais. Esses compostos competem com o colesterol pelas vias de absorção nos enterócitos, resultando no aumento da excreção de colesterol e sais biliares nas fezes. Além disso, ocasionam aumento na conversão de colesterol em ácidos biliares no fígado, com subsequente redução nos níveis de colesterol do plasma sanguíneo em peixes (Bakke et al., 2014; Couto et al., 2014). De modo geral, o conteúdo da digesta pode regular tanto a síntese quanto a atividade das enzimas digestivas (Karasov; Diamond, 1988).

ALIMENTAÇÃO E MANEJO ALIMENTAR NA PISCICULTURA

No ambiente de criação, a alimentação é a principal via para obtenção dos nutrientes necessários para sustentar a manutenção e o crescimento das espécies criadas, sendo importante conhecer seu hábito alimentar e sua exigência nutricional para orientar a escolha da ração mais adequada. Em geral, o teor proteico das rações e sua granulometria são as principais referências utilizadas pelos produtores para a identificação das rações. Peixes jovens têm maior exigência proteica que formas adultas; nessa fase, a síntese de proteína necessária para sustentar a elevada taxa de crescimento e a formação de tecidos é maior que a degradação.

Na fase larval, os alimentos vivos são importantes fontes de proteína. Em geral, quando os peixes iniciam a alimentação exógena, o sistema digestório ainda é rudimentar, o estômago não é funcional e grande parte da proteína dietética é digerida no intestino posterior. Conseqüentemente, o aproveitamento de rações formuladas pode ser baixo. Conceição et al. (2010) relatam que larvas são estimuladas a apreender o alimento pelo seu movimento na água, o que torna a ração inerte pouco atraente. Esse comportamento é muito comum em formas jovens de peixes carnívoros, que precisam ser treinadas para aceitar alimento inerte. É por isso que, na fase inicial da criação, a fertilização dos viveiros é tão importante.

Algumas espécies, como tambaquis, mantêm a capacidade de filtração mesmo durante a engorda, o que pode ser uma vantagem no sistema de criação. Embora essa característica seja interessante, não dispensa o uso de rações completas (preferencialmente extrusadas). Cada grânulo de ração contém todos os nutrientes que os peixes precisam para crescer saudáveis, o que facilita o manejo diário e, se usadas corretamente, podem reduzir o impacto do alimento na qualidade da água.

O adequado manejo alimentar dos peixes é um dos fatores determinantes para o sucesso da criação, impactando diretamente nos indicadores de desempenho zootécnico (ganho de peso, conversão alimentar, taxa de crescimento específico e taxa de eficiência proteica) e na duração do ciclo. Além disso, é importante para a manutenção do bem-estar e saúde dos animais que, se bem nutridos, têm maior resistência a agentes patogênicos e aos efeitos indesejáveis do estresse, situações comuns em sistemas com densidades de estocagem elevadas.

Dessa forma, o uso de rações de qualidade que atendam aos padrões de segurança alimentar é condicionante para potencializar o crescimento dos peixes, além de minimizar a poluição ambiental, já que restos alimentares oriundos do manejo inadequado e/ou da baixa digestibilidade das rações podem comprometer a qualidade da água no ambiente de criação (Mohanta et al., 2008). Tudo isso pode influenciar diretamente na viabilidade econômica do projeto, pois quanto menor for o desperdício, maiores serão os lucros.

Para um manejo eficiente, é necessária a capacitação do tratador e/ou responsável técnico da piscicultura, que precisa compreender e dominar cada prática recomendada nesta publicação para planejar o manejo alimentar mais adequado à sua criação.

Rações

Composição

As rações comerciais devem conter os teores proteicos, energéticos, vitamínicos e minerais balanceados para o animal, determinados conforme dois aspectos importantes:

- 1) A fase do ciclo de vida: o fornecimento de proteína nas rações é inversamente proporcional ao crescimento dos animais. Nas fases iniciais do desenvolvimento, o crescimento é maior e, por isso, as rações devem conter elevados níveis desse nutriente para atender à elevada exigência nutricional. O oposto é observado na terminação, quando o nível exigido desse nutriente é menor.
- 2) O hábito alimentar da espécie: espécies carnívoras como o pirarucu, por exemplo, exigem rações com elevado teor proteico (40% a 55%), predominantemente de origem animal, uma vez que não conseguem digerir as fontes vegetais com eficiência. Já espécies onívoras, como o tambaqui, têm menor exigência de proteína bruta (28% a 40%) e toleram maior quantidade de proteína de origem vegetal nas rações.

Considerando essas diferenças, existem linhas específicas de rações comerciais indicadas conforme o hábito alimentar e/ou a fase do desenvolvimento da espécie criada.

Processamento e forma física

O meio aquático exige um processamento cuidadoso da ração completa que será fornecida aos peixes. Na água, os péletes de ração perdem nutrientes por lixiviação, o que pode comprometer o bom aproveitamento da ração pelos peixes e a qualidade da água. A seleção do tipo de ração que será utilizado durante o ciclo irá nortear a estratégia de manejo alimentar adotada e, conseqüentemente, a eficiência de utilização das dietas pelos peixes.

Farelada

A ração farelada (Figura 1) é utilizada na larvicultura dos peixes e pode ser obtida de duas formas. A mais simples é por moagem e mistura de ingredientes, seguindo uma formulação específica. Entretanto, diferenças na

densidade dos grânulos de cada ingrediente interferem na homogeneização da mistura e causam grande segregação, com consequente perda de nutrientes e seletividade na ingestão, favorecendo a heterogeneidade no lote de peixes. A segunda forma consiste no aproveitamento dos finos produzidos após o processo de extrusão e/ou moagem dos péletes que, por flutuar, são facilmente apreendidos pelos peixes (Rodrigues et al., 2013).



Foto: Rayette Silva

Figura 1. Fornecimento de ração farelada em tanques-rede.

Peletizada

A peletização é definida como a aglomeração de pequenas partículas em partículas maiores. O processo artesanal é realizado em moedor de carne industrial (Figura 2), com bitolas de diâmetros de acordo com a fase de criação e os grânulos secos em estufa de circulação forçada (60 °C) por 12 horas. Já no processo industrial, é utilizada uma peletizadora, que combina umidade, calor e pressão e promove uma boa estabilidade do grânulo na água (Logato, 2000), mas, em ambos os casos, como apenas compacta a mistura de ingredientes, o pélete produzido apresenta elevada densidade, afundando rapidamente na água (Figura 3).



Foto: Rayette Silva

Figura 2. Peletização artesanal de ração.

Fotos: Rayette Silva



Figura 3. Demonstração da baixa flutuabilidade de uma ração artesanal peletizada comparada com uma ração comercial extrusada.

Pelo fato de não flutuar, o controle do arraçoamento deve ser muito mais rígido, exigindo do tratador bastante atenção em dois aspectos. O primeiro é que deve fracionar a quantidade em pequenas porções, dando tempo para os animais detectarem a presença do alimento e o consumirem. O segundo é que o fornecimento deve cessar assim que não for mais observado movimento na água.

Em relação à ração farelada, a ração peletizada tem custo de produção comparativamente maior, mas apresenta as seguintes vantagens: reduz a perda de nutrientes por hidrossolubilidade, reduz a seleção de partículas por parte dos peixes, permitindo um consumo mais uniforme, melhora a digestibilidade dos nutrientes, além de oferecer vantagem no transporte e armazenamento (Furuya et al., 1998).

Extrusada

A extrusão é um processo de cozimento baseado em alta pressão (30 atm a 60 atm), umidade controlada e temperatura elevada (entre 130 °C e 150 °C), causando expansão da mistura de ingredientes, gelatinização do amido (Vieira et al., 2005) e inativação de alguns fatores antinutricionais pela exposição térmica. Esse processamento é mais eficiente que a peletização, aumenta a digestibilidade do alimento e a estabilidade dos péletes na água, otimizando a eficiência alimentar (Logato, 2000). Vitaminas sensíveis ao calor, como a vitamina C, são adicionadas em excesso ou aplicadas depois do processamento sobre a superfície da ração por aspersão.

Embora a extrusão tenha um maior custo de produção, em relação à peletização (Tabela 1), esse custo adicional é compensado pela maior eficiência alimentar dos peixes e menor deterioração da qualidade da água, o que reduz os custos do alimento por unidade de peixe produzida. Rações extrusadas podem ser elaboradas para ter diferentes densidades, que

determinam sua flutuabilidade na coluna d'água. Essa característica permite a adequação da ração ao comportamento alimentar da espécie (peixes que comem no fundo ou na superfície da água), ou mesmo para facilitar o manejo em períodos específicos do ano, como opção durante os meses mais frios, em que algumas espécies não sobem à superfície para se alimentar.

Tabela 1. Principais diferenças entre rações extrusadas e peletizadas.

Parâmetro	Ração peletizada	Ração extrusada
Densidade/flutuação	Alta/Afunda	Baixa/Flutua
Gelatinização do amido	Parcial	Quase total
Estabilidade na água	Baixa a média	Alta
Manejo alimentar	Complexo	Simple
Observação da resposta alimentar	Difícil	Fácil
Eficiência alimentar	Média a baixa	Alta
Possibilidade de perdas	Alta	Baixa
Custo de investimento e produção	Menor	Maior

Fonte: Aquaculture... (1991); Logato (2000); Jobling et al. (2001).

Importante destacar que a escolha da forma física da ração deve ocorrer em função da **espécie**, de sua **fase de vida** e da **finalidade** da criação, considerando o custo-benefício no contexto socioeconômico do piscicultor, não existindo um único tipo ideal.

Reis et al. (2012), ao avaliarem o processamento da ração (farelada, peletizada e extrusada) no desempenho de juvenis de jundiá (*Rhamdia voulezi*) cultivados em tanques-rede, observaram que os peixes alimentados com a ração peletizada apresentaram peso final 70,44% superior em relação àqueles com ração farelada e 59,35% maior em relação aos alimentados com dieta extrusada. Os autores atribuíram os resultados a duas características do jundiá: sua preferência em habitar regiões mais fundas na coluna d'água, que têm águas mais calmas, e o fato de que as larvas e alevinos dessa espécie apresentam uma acentuada aversão à luz e buscam por locais escuros. Então, como a ração peletizada apresenta alta densidade e afunda na água, pôde ficar mais disponível aos peixes.

Rodrigues e Fernandes (2006), em estudo semelhante com o acará-bandeira (*Pterophyllum scalare*) cultivado em aquário, registraram que as rações peletizada e extrusada promoveram resultados semelhantes nos parâmetros estudados, enquanto a farelada gerou o pior desempenho. Já

Furuya et al. (1998), testando dietas peletizadas e extrusadas com tilápias na fase de terminação em tanques com fundo de terra, obtiveram o maior ganho de peso diário, taxa de eficiência proteica e uniformidade do lote com a ração extrusada.

Para pirarucus adultos, uma alternativa ainda não testada cientificamente, mas que vem apresentando bons resultados em campo, é a mistura de ração comercial para peixes carnívoros e peixe moído, formando as “bolotas”, como as indicadas na Figura 4, em piscicultura no município de Breu Branco, PA. Lima et al. (2015) afirmam que a utilização das bolotas permite uma maior adequação entre o tamanho da ração e da boca do animal, garantindo a ingestão da quantidade de alimento diária recomendada para a espécie, devendo ser mantidas congeladas até o fornecimento para evitar degradação.

Fotos: Rayette Silva



Figura 4. “Bolota”.

Floculada

A ração floculada (Figura 5) é obtida por meio da secagem de uma pasta de ração em um rolo aquecido. É mais utilizada na aquariorfilia, apesar de a estrutura fina e quebradiça dos flocos prejudicar sua conservação física (Rodrigues et al., 2013). Além disso, a crescente oferta de novos produtos e a evolução das microdietas (Kolkovski, 2013; Hemre et al., 2013) fabricadas com tecnologias modernas têm enfraquecido sua procura no mercado.



Foto: Rayette Silva

Figura 5. Ração floculada.

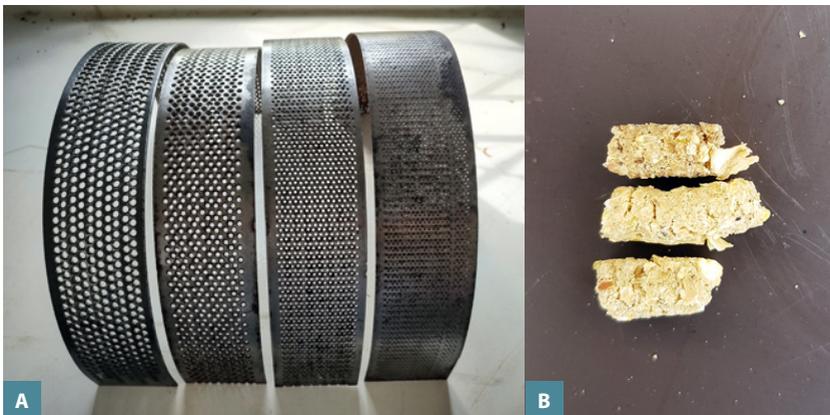
Qualidade

A qualidade da ração está relacionada às suas características nutricionais e físicas, apresentando boa relação custo-benefício e constância de resultados alinhados à demanda do mercado. Em relação às características nutricionais, é importante conhecer os níveis de garantia apresentados nos rótulos das rações (teores mínimos e máximos de nutrientes, como proteína bruta, gordura, fibra, etc.). O rótulo também traz a indicação de uso, a composição básica, os eventuais ingredientes substitutos (selecionados em função de seu valor nutricional, preço e disponibilidade no mercado), a granulometria, o peso total e as datas de fabricação e validade.

Quanto aos atributos físicos da ração que não vão afetar negativamente a qualidade da água e as taxas de alimentação, alguns itens devem ser observados: granulometria dos ingredientes, coloração, quantidade de finos e corpo estranho e estabilidade.

Granulometria dos ingredientes

Os ingredientes utilizados devem ser finamente moídos, escolhendo a peneira adequada (Figura 6A), a fim de obter padrões granulométricos e a homogeneização do produto, de forma que não seja possível distinguir pedaços de nenhum ingrediente no pélete (Figura 6B). A moagem fina dos ingredientes vai permitir uma melhor homogeneização da ração, além de aumentar a disponibilidade do nutriente e seu aproveitamento pelo animal.



Fotos: Rayette Silva

Figura 6. Detalhe de peneiras de diferentes dimensões para moinhos (A). Distinção a olho nu de fragmentos de ingredientes em péletes devido à moagem grosseira (B).

Coloração

Os péletes devem ter cor uniforme, oscilando geralmente entre os tons de bege a marrom-escuro, apesar de serem comuns alterações nos padrões de cor de uma determinada marca de ração ao longo do ano, devido a modificações nas formulações em função de variações sazonais e/ou geográficas dos ingredientes. Entretanto, a cor esverdeada pode indicar a presença de bolores de mofo, que são fungos cuja proliferação indica falhas durante o processamento e armazenamento. A contaminação por esses microrganismos causa prejuízos econômicos, pois favorece a presença de micotoxinas, que são metabólitos secundários com potencial para produzir toxicoses no homem e nos animais (Pereira et al., 2005). Toda a ração contaminada deve ser descartada, mesmo que nem todos os péletes apresentem alteração de cor.

No Brasil, as aflatoxinas são as únicas micotoxinas cujos limites máximos são previstos na legislação. Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), para qualquer matéria-prima utilizada diretamente ou como ingrediente nas rações, ou para a própria ração, os valores de aflatoxinas não devem ser superiores a 50 µg/kg (Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2002).

Quantidade de finos e corpo estranho

Segundo Aquaculture... (1991), no processamento de rações extrusadas, a produção de pó na fábrica é diminuída e, conseqüentemente, esse tipo de ração tem menor produção de farelos no manuseio (cerca de 1%), comparado com as rações peletizadas (5% a 8%). Este é um fator importante, pois o excesso de pó causa degradação da qualidade da água e representa desperdício, já que poucas espécies adultas conseguem aproveitá-lo. O técnico pode amostrar aleatoriamente uma saca de ração e peneirá-la. O resíduo pó pesado não deve ultrapassar 1% do peso total da saca, ou seja, 250 g, no caso de uma saca de 25 kg.

Deve ser avaliada também a presença de corpos estranhos – qualquer outro elemento que não faça parte da ração – como grãos inteiros, ferro, pedaços de madeira, fiapos, areia, etc., que devem ser removidos.

Estabilidade

A estabilidade na água do pélete refere-se ao tempo necessário para ele se desintegrar completamente na água. Durante o processamento da ração,

as elevadas temperaturas permitem a gelatinização do amido, que permite a aglutinação dos ingredientes, reduzindo a lixiviação dos nutrientes. Em rações com menor teor de amido, é comum o uso de aditivos com poder aglutinante, como o alginato de sódio.

Granulometria do pélete

A granulometria corresponde ao tamanho e a forma de apresentação do pélete da ração, devendo-se observar a compatibilidade entre o seu tamanho e a abertura da boca do peixe (Tabela 2), o que garante sua ingestão e evita perdas.

Tabela 2. Compatibilidade entre o peso do peixe e o tamanho do pélete.

Peso do peixe	Tamanho do pélete
< 5 g	< 1 mm
5 g–30 g	1 mm–2 mm
30 g–100 g	2 mm–4 mm
100 g–200 g	4 mm–6 mm
> 200 g	> 6 mm

Fonte: Pastore et al. (2013).

Péletes grandes demais para peixes pequenos são prejudiciais pela mesma razão que péletes pequenos são prejudiciais para peixes grandes (Figura 7). A razão é fundamentada na maior demanda de energia para que o peixe consiga fazer a apreensão e ingestão de uma quantidade suficiente de ração para atender suas exigências nutricionais.

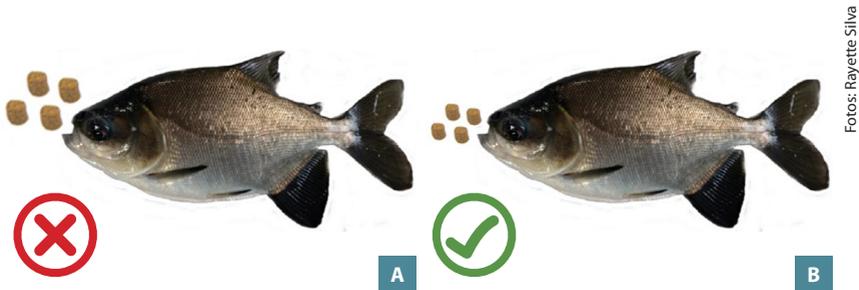


Figura 7. Tamanho dos péletes de ração em relação à abertura da boca do peixe: tamanho inadequado (A); tamanho adequado (B).

Um desajuste da granulometria se reflete na redução da taxa de crescimento. Ou seja, o responsável tem que, ao longo do ciclo de criação, ir adequando a granulometria da ração, conforme as opções disponíveis no mercado (Figura 8).

Fotos: Rayette Silva



Figura 8. Rações com diferentes granulometrias.

Armazenamento

O armazenamento adequado visa basicamente conservar as propriedades nutricionais e evitar perdas irreversíveis e que poderão refletir no desempenho animal. As rações devem ser armazenadas em locais limpos, livres de insetos e roedores, ventilados, secos e ao abrigo da luz solar, pois a incidência direta pode prejudicar alguns componentes da dieta. Podem ser mantidas em recipientes fechados (por exemplo, bombonas) ou em sacas

(neste caso, devem ser empilhadas sobre páletes de plástico ou madeira, não tendo contato direto com o piso ou com as paredes). Apesar de a ração ser o insumo mais caro na produção, muitos piscicultores negligenciam seu armazenamento (Figura 9).



Fotos: Rayette Silva

Figura 9. Exemplos de armazenagem incorreta de ração.

Em grandes propriedades, nas quais o volume de ração é muito maior, é comum montar várias pilhas de sacas, devendo-se tomar o cuidado de não as deixar tão altas (em geral, máximo de dez sacas) para não esfumar as sacas que estão na base. Além disso, devem ser organizadas alterando seu sentido entre uma camada e outra de sacas, o que permite circulação de ar dentro da pilha.

É importante, ainda, destacar a data de fabricação e vencimento, de forma que as sacas mais antigas sejam utilizadas logo. O prazo de validade varia bastante, sendo, em geral, de 6 meses entre as marcas nacionais e de 9 meses entre as importadas (Figura 10). Mas, devido ao risco de perda de nutrientes, como vitaminas, por exemplo, recomenda-se que a aquisição seja programada, para que não fiquem estocadas longos períodos na propriedade.



Fotos: Rayette Silva

Figura 10. Datas de fabricação e validade no rótulo de rações comerciais para peixes.

Arraçoamento

Modalidades

O alimento pode ser administrado aos animais de diferentes maneiras. O mais comum é fazê-lo a lanç manual. Sendo assim, deve-se distribuir a ração a favor do vento, pois, caso chegue às margens, os peixes terão dificuldade para apreender o alimento, gerando acúmulo (Figura 11). Essa forma de alimentar permite um maior contato visual entre o tratador e os peixes, facilitando a identificação imediata de ocorrências diárias nos viveiros/tanques. Porém, quanto maior for a unidade de produção, mais complexo e oneroso será, por exigir um maior investimento em mão de obra.



Foto: Rayette Silva

Figura 11. Acúmulo de ração nas margens do viveiro/tanque.

Também podem ser usados os comedouros tipo cocho (Figura 12) ou os alimentadores a demanda (*self-feeders*) e automáticos. Esses alimentadores permitem maior parcelamento da quantidade diária a ser fornecida, o que é desejável para aumentar a eficiência de utilização dos nutrientes e reduzir o desperdício, além de diminuir os custos com mão de obra. O dispensador automático, além de possibilitar o aumento da frequência alimentar, permite fornecer alimento no período noturno, prática inviável nas propriedades onde a alimentação é feita manualmente, em razão do alto custo para disponibilizar funcionários à noite. Os alimentadores automáticos encontrados no mercado são fabricados com um dispositivo para o lançamento da ração a longas distâncias, em períodos e quantidades programados (Amorim et al., 2021).



Foto: Rayette Silva

Figura 12. Comedouro tipo cocho.

Tempo de consumo

É importante condicionar os peixes a consumirem a refeição em um período de 15 a 20 minutos. Caso haja sobra, reduzir a quantidade de ração oferecida na refeição seguinte.

Espécies carnívoras requerem um condicionamento alimentar específico para se adaptarem ao alimento inerte. Nesse processo, o alimento que não for imediatamente consumido deve ser retirado da água antes da alimentação seguinte. Peixes carnívoros tendem a “atacar” e ingerir os péletes que se encontram flutuando na superfície da água ou que se acumulam no fundo de tanques, cujos nutrientes já sofreram lixiviação na água (Silva et al., 2014).

Local

Quanto ao local de fornecimento, a ração não deve ser fornecida em apenas um lugar, devendo-se distribuí-la em vários pontos sobre a lâmina d’água (Figura 13), evitando que apenas os peixes dominantes se alimentem.



Fotos: Rayette Silva

Figura 13. Métodos de distribuição da ração em viveiros: inadequado (A); adequado (B).

É importante administrar o alimento diário sempre nos mesmos pontos e horários para condicionar os peixes ao momento da alimentação. Pode-se também emitir sons para chamar o peixe antes de administrar o alimento. Esse treinamento aumenta a eficiência do manejo, melhora a conversão alimentar e reduz o crescimento heterogêneo entre os indivíduos, o que tem um efeito negativo na comercialização do produto.

Quantidade

O correto fornecimento da quantidade de alimento é importante para todo tipo de produção e espécie, mas o cuidado é ainda maior com espécies

carnívoras, sobretudo na fase de condicionamento, pois a falta de ração pode levar ao canibalismo.

Em geral, o alimento pode ser fornecido aos peixes até a saciedade aparente ou estabelecendo uma quantidade fixa, calculada em função do peso vivo médio e da fase do desenvolvimento em que o peixe se encontra (vide na sequência **Taxa de alimentação**). Outra informação importante é o registro da ocorrência de mortalidade em cada viveiro e/ou tanque, como no exemplo a seguir:

Total de peixes estocados no viveiro: 1.000

Total de peixes mortos: 38

Nº indivíduos do viveiro = indivíduos estocados - indivíduos mortos

Nº indivíduos = 1.000 – 38 = 962

Para a obtenção do peso vivo médio dos indivíduos, são realizadas biometrias, que consistem na pesagem (Figura 14) e/ou medição de uma porcentagem representativa do lote (3% do total), registrando os dados em formulários específicos para cada viveiro (Tabela 3). Essa pesagem pode ser individual ou em lote, com peixes agrupados no puçá ou em um balde com água, utilizando balanças mecânicas ou digitais, de mesa ou suspensas.

Fotos: (A e B) Rayette Silva; (C) Heitor Martins Júnior

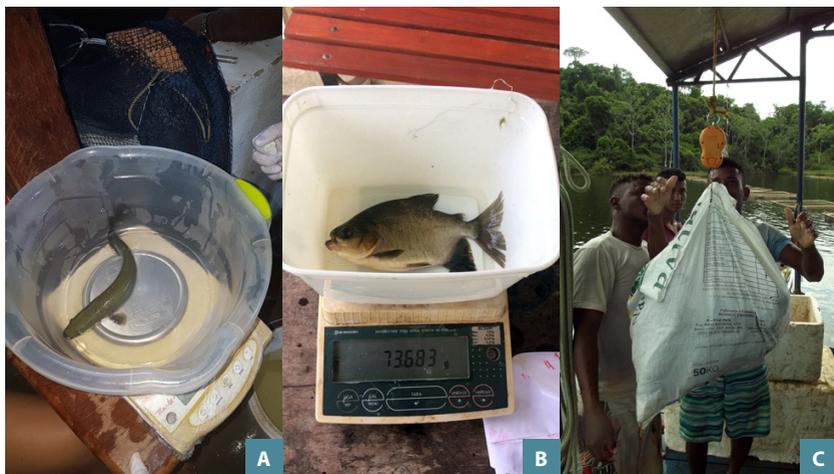


Figura 14. Pesagens em balanças de mesa (A e B) e em balanças de suspensão (C).

Tabela 3. Modelo de ficha para a biometria.

Ficha de Biometria				
Responsável:			Data:	
% amostrada:			Hora:	
Espécie:		Viveiro:		
Amostragem	Peso Balde+Água	Peso Balde + Água + Peixes	Nº peixes por balde	Peso total dos peixes
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
14				
Obs:				

A biometria é uma atividade simples e necessária para acompanhar o crescimento e fazer o reajuste da quantidade de ração, assim como permite verificar o estado sanitário dos peixes.

No caso de peixes grandes, como o pirarucu, utiliza-se um coletor caseiro (maca) para acondicionar o indivíduo e realizar a pesagem individual (Figura 15).



Fotos: Rayette Silva

Figura 15. Pesagem individual de pirarucu adulto com utilização da “maca”.

A captura (Figura 16), preferencialmente, deve ser feita no início da manhã, pois a temperatura e a incidência solar mais amenas causam menos estresse aos animais. É recomendável manter o peixe em recipientes com aeração e NaCl (sal) na proporção de 0,5% a 1% (5 g/L a 10 g/L), o que diminui as perdas de sais dos peixes e os estimula a secretar mais muco, que recobre as brânquias e o corpo. O muco funciona como barreira contra as perdas de sais e contra a excessiva hidratação do corpo dos peixes, facilitando a osmorregulação, além de ajudar a recobrir áreas lesionadas, diminuindo as chances de ocorrência de infecções secundárias por fungos e bactérias (Kubitza, 2007). Os peixes devem ser devolvidos ao viveiro com cuidado para não sofrerem danos físicos.

Foto: Rayette Silva

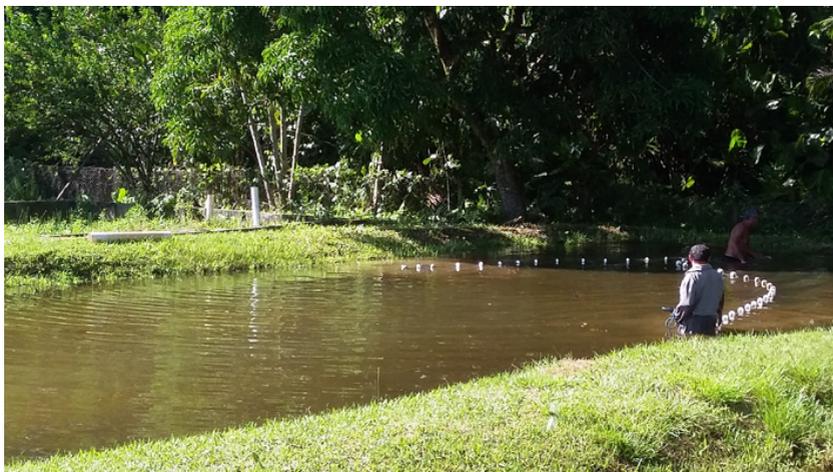


Figura 16. Captura pela manhã para realização de biometria.

Com os pesos obtidos na biometria, são calculados **indicadores de desempenho** que permitem acompanhar o crescimento dos peixes durante o ciclo de criação. Os procedimentos são os seguintes:

1) Para calcular o peso de um lote de peixes no balde:

Peso do balde + água: 5,22 kg

Peso balde + água + peixes: 14,1 kg

Peso total dos peixes (Pt) = (Peso balde + água + peixes) – (Peso do balde + água)

$$Pt = 14,1 - 5,22$$

$$Pt = 8,88 \text{ kg}$$

2) Para calcular o peso vivo médio individual (Pm):

Peso total do lote de peixes amostrados: 8,88 kg

Número de peixes amostrados: 74

Pm = Peso total ÷ N° peixes amostrados

$$Pm = 8,88 \div 74$$

$$Pm = 0,12 \text{ kg}$$

Então, no dia da biometria, o peso vivo médio de cada peixe é de 0,12 kg ou 120 g.

Taxa de alimentação

O cálculo da ração deve ser ajustado periodicamente a partir de biometrias mensais ou quinzenais, pois as taxas de alimentação devem atender às alterações nas taxas metabólicas dos peixes que acontecem durante o ciclo de criação em função da idade e da temperatura da água. As pós-larvas apresentam metabolismo acelerado e requerem mais energia e proteína que os adultos, além de ingerirem mais alimento por unidade de peso, consumindo de 50% a 300% do seu peso corporal por dia, percentuais relativamente altos quando comparados com a faixa recomendada, que varia de 10% a 1% do peso corporal para alevinos em recria ou a peixes em engorda, respectivamente (Rotta, 2003).

Em geral, rações comerciais trazem programas de arraçoamento que devem ser seguidos (tabelas de alimentação), contendo informações sobre taxas de alimentação, granulometria, número de refeições, etc. Mesmo assim, algumas estratégias de manejo alimentar podem melhorar o aproveitamento dos nutrientes da ração. Estudos mostram que peixes alimentados com taxas de alimentação mais baixas que o recomendado para a fase do desenvolvimento tendem a otimizar sua digestão para maximizar a utilização dos nutrientes, melhorando assim sua conversão alimentar (Kim et al., 2007).

Para calcular a **quantidade de ração diária (QR/dia)** a ser fornecida, é necessário ter as seguintes informações: número de peixes no viveiro; peso vivo médio; e taxa de alimentação recomendada na tabela de alimentação adotada.

Número de indivíduos (N_i): 962 peixes

Peso vivo médio (P_m): 0,12 kg

Taxa de alimentação (T_a): 3% do peso vivo

$$\text{QR/dia} = (N_i \times P_m \times T_a) \div 100$$

$$\text{QR/dia} = (962 \times 0,12 \times 3) \div 100$$

$$\text{QR/dia} = 3,46 \text{ kg de ração por dia}$$

Existem vantagens em não ofertar ração à vontade (*ad libitum*) e adotar as tabelas de alimentação, entre elas:

- Reduz riscos de fornecer pouco alimento e com isso:
 - ▶ Obter crescimento abaixo do esperado.
 - ▶ Aumentar a heterogeneidade do lote, principalmente pela competição direta pelo alimento.
- Reduz riscos de fornecer alimento em excesso e com isso:
 - ▶ Aumentar os custos de produção.
 - ▶ Comprometer a qualidade da água, deixando-a eutrófica, o que pode causar alterações metabólicas nos animais, potencializando o risco de doenças e o crescimento deficiente.
 - ▶ Acelerar a taxa de passagem do alimento pelo intestino, o que reduz a digestibilidade e absorção dos nutrientes (Mihelakakis et al., 2002).

Independentemente da estratégia adotada, acompanhar atentamente o comportamento dos peixes previne episódios de subalimentação ou superalimentação, já que o apetite dos animais pode variar ao longo do dia e entre os dias (Noble et al., 2007). Além disso, deve-se recolher as sobras da ração, quando detectadas, o que evita sua decomposição e liberação de nutrientes no sistema. A elevada disponibilidade de nutrientes pode se acumular no sedimento e/ou favorecer a proliferação excessiva da comunidade fitoplanctônica, que pode resultar em quedas bruscas de

oxigênio e ocorrência do *off-flavor*, conferindo sabores e odores indesejados na carne (Tsukamoto; Takahashi, 2007).

Frequência alimentar e horários

O número de vezes que os peixes devem ser alimentados diariamente varia em função da temperatura, biologia e fase de vida da espécie, como exemplificado na Tabela 4.

Tabela 4. Frequência alimentar de três espécies de peixes com hábitos alimentares e pesos corporais distintos.

Espécie	Peso médio (g)				
	0,3 a 1	1 a 5	5 a 10	50 a 150	> 250
Tambaqui (onívoro) ⁽¹⁾	-	3	3	2	2
Tilápia (onívoro) ⁽²⁾	-	5	4	3	2
Truta-arco-íris (carnívoro) ⁽³⁾	10	4	4	2	2

⁽¹⁾Correa et al. (2011); ⁽²⁾Piscicultura... (2019); ⁽³⁾Fao (2020).

A temperatura é um dos fatores mais importantes, porque os peixes são pecilotérmicos e sua taxa metabólica é responsiva à temperatura da água. Portanto, em períodos de temperaturas mais baixas ou mais altas, o fornecimento de ração deve ser reduzido ou suspenso.

O hábito alimentar da espécie tem forte influência na frequência alimentar. Peixes carnívoros, na fase inicial da criação, precisam de refeições mais frequentes, o que melhora a uniformidade do lote e reduz o canibalismo. Nas demais fases, como possuem o estômago grande e podem ingerir grande quantidade de alimentos em um único momento, se mantêm saciados por um período maior. Já peixes com estômago pequeno com capacidade de armazenamento de alimento limitada, como a tilápia-nilótica, procuram o alimento mais frequentemente (Tucker; Robinson, 1991).

Quanto à fase de desenvolvimento, nas pós-larvas, o tempo de permanência do bolo alimentar no aparelho digestivo é pequeno, devido à imaturidade do trato e ao metabolismo acelerado. O esvaziamento pode ocorrer dentro de 2 a 9 horas, o que justifica a necessidade de refeições mais frequentes quando comparado aos adultos. Em geral, para distribuir a grande quantidade de alimento demandada pelos peixes durante a larvicultura, é comum fornecê-lo de 10 a 24 vezes ao dia ou de forma contínua e em excesso (Rotta, 2003). Para alevinos e juvenis, a frequência pode ser de três a quatro vezes ao dia e para animais na fase de terminação, duas vezes ao dia.

Após identificar a frequência alimentar mais adequada para a faixa de peso em que os peixes se encontram, deve-se calcular a quantidade de ração por refeição (QR/refeição).

QR/dia: 3,46 kg

Frequência (F): 4

QR/refeição = QR/dia ÷ F

QR/refeição = 3,46 ÷ 4

QR/refeição = 0,86 kg ou 860 g de ração por refeição

Em geral, os peixes cultivados se alimentam melhor nas primeiras horas do dia e/ou ao entardecer. Para identificar os turnos e horários preferenciais de alimentação, várias espécies vêm sendo avaliadas. Alguns estudos mostram que a tilápia-nilótica (Loures et al., 2008), a truta-arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) (Shima et al., 2003) e o bagre-africano (*Clarias gariepinus*) (Hossain et al., 2001), por exemplo, apresentam desempenho superior quando alimentados em períodos noturnos. Efeito inverso foi descrito por Crescêncio et al. (2005) para o pirarucu, que, ao se alimentar excessivamente à noite, apresentou uma conversão alimentar muito pior. Importante ressaltar que essa prática é inviável, se realizada manualmente, por impactar nos custos de produção.

Fatores que afetam o consumo

O primeiro indicador do bem-estar do peixe é seu apetite, portanto o acompanhamento constante da alimentação permite a rápida detecção de possíveis problemas, para que medidas corretivas sejam prontamente efetuadas. Os principais fatores que influenciam no consumo e na conversão alimentar são descritos a seguir.

Qualidade da água

Temperatura e oxigênio dissolvido. Como já mencionado, os peixes são animais pecilotérmicos e têm seu metabolismo associado à temperatura da água. Em temperaturas extremas, o fornecimento de ração deve ser reduzido ou suspenso.

A razão dessa suspensão em dias mais frios é que o metabolismo animal desacelera, podendo causar a parada dos movimentos peristálticos,

também conhecida como estase, que ocasiona a permanência do alimento no trato digestivo. Rotta (2003) afirma que a estase está relacionada com o desenvolvimento de patógenos no trato gastrointestinal, pois, com a parada do bolo alimentar, esses patógenos podem penetrar pela parede do intestino com a ajuda das próprias enzimas digestivas. Essa situação pode ocorrer também no transporte dos peixes, sendo, também por esse motivo, indicado o jejum de 24 a 48 horas antes do manejo.

No meio aquático, a solubilidade do oxigênio dissolvido é inversamente proporcional à temperatura. Assim, nos dias mais quentes, é importante tomar cuidado com baixos níveis de oxigênio dissolvido (OD) nos viveiros/tanques. Nessas condições, o metabolismo dos peixes está mais acelerado, demandando mais oxigênio, sendo importante regular a alimentação uma vez que baixos níveis de OD interferem no processo de digestão e absorção dos nutrientes pelos peixes.

pH e amônia. Variáveis fora da faixa de conforto afetam negativamente a ingestão de ração.

Transparência. Em viveiros com águas eutrofizadas, normalmente muito esverdeadas (Figura 17) de transparência baixa (menos de 20 cm), a concentração de OD é baixa, principalmente nas primeiras horas do dia, devido à respiração durante a noite. Nesse caso, a alimentação deve ser suspensa, pois o jejum reduz o metabolismo dos animais e, com isso, sua necessidade de oxigênio. Quando as medidas corretivas forem tomadas e o sistema normalizado, a alimentação deve ser retomada.



Foto: Rayette Silva

Figura 17. Detalhe de viveiro com água eutrofizada (esquerda) e viveiro com água e condições adequadas para produção (direita).

Doenças e parasitoses

A diminuição da ingestão de alimento pelos animais é um dos primeiros sinais de problemas de saúde.

Composição da dieta

Energia. Os peixes regulam o consumo de ração pela ingestão energética. Assim, quando alimentados com dietas de elevado teor energético, ficam saciados rapidamente, antes mesmo de consumirem a quantidade de nutrientes necessária para sustentar seu crescimento, efeito indesejável na criação. Além disso, o elevado consumo de energia promove, ainda, maior acúmulo de gordura corporal. Essa gordura, principalmente a insaturada, facilita o processo de oxidação lipídica ou rancidez oxidativa, causando alterações desagradáveis no sabor e odor do pescado, encurta a vida de prateleira, reduz o valor nutricional do produto (perda de ácidos graxos poli-insaturados) e pode ocasionar a produção de moléculas prejudiciais à saúde (Secci; Parisi, 2016).

Situação diferente é observada quando os peixes são alimentados com rações cujo teor de energia é insuficiente para atender sua exigência nutricional (característica que varia com a espécie e a fase de vida). Nesse caso, eles tendem a comer mais para satisfazer suas necessidades energéticas e o excedente, que não é aproveitado pelo animal, é excretado na água, se tornando uma perigosa fonte de poluição ao meio ambiente, além de aumentar riscos e custos de produção.

Proteína. A qualidade da proteína e seu nível de inclusão na dieta poderão afetar o consumo, como já foi abordado anteriormente.

Características organolépticas

Aparência, odor, textura e sabor do alimento também influenciam o apetite do peixe. Concentrações muito altas de alguns ingredientes vegetais podem alterar a palatabilidade das rações, principalmente para os carnívoros.

Manipulação

A manipulação dos peixes por pessoas devidamente treinadas, que o fazem de forma rápida e precisa, contribui na redução do estresse fisiológico e das injúrias físicas nos peixes. No entanto, atividades como transporte, reparos nos tanques-rede, biometrias e classificações por tamanho são

naturalmente estressantes e podem ocasionar redução temporária no consumo de alimento (por até 2 dias após o manejo). O jejum por 24 horas antes e depois de situações estressantes como transporte e despesca aumenta a sobrevivência dos peixes após a operação.

Indicadores de desempenho zootécnico

Para avaliar se o manejo alimentar e nutricional está sendo eficaz, é necessário acessar as informações obtidas nas biometrias e a quantidade de ração utilizada durante o ciclo de criação. Com isso, é possível calcular os principais indicadores de desempenho zootécnico, que são: ganho de peso (GPm), conversão alimentar aparente (CAA) e eficiência alimentar (EA). A conversão alimentar é uma medida muito importante e permite avaliar o ganho de biomassa animal em resposta à utilização de alimentos (National Research Council, 2011). Com isso, é possível aferir o custo-benefício da ração, o desempenho do tratador e a saúde dos peixes.

Ganho de peso

Ganho de peso médio (GPm):

Peso inicial médio = 4,2 g

Peso final médio = 940 g

GPm (g) = peso final (g) – peso inicial (g)

GPm = 940 – 4,2

GPm = 935,8 g ou 0,9358 kg

Com o valor do ganho de peso médio de 0,9358 kg e a quantidade de animais vivos (por exemplo, 962 peixes) no sistema, calcula-se o ganho de peso total (GPt) obtido durante o ciclo.

GPt = GPm × N° peixes despescados

GPt = 0,9358 × 962

GPt (kg) = 900,24 kg

Conversão Alimentar Aparente (CAA)

Sabendo que o ganho de peso total durante o ciclo foi de 900,24 kg e que neste período foram utilizados 1.394 kg de ração, calcula-se a CAA.

CAA = consumo ração total (kg) / ganho de peso total (kg)

$$CAA = 1.394 \div 900,24$$

$$CAA = 1,55$$

Isso significa que foi necessário fornecer 1,55 kg de ração para produzir 1 kg de peso vivo.

Conversões muito altas não são competitivas no mercado. Os principais fatores que afetam a conversão são:

- Alimento (quantidade inadequada, baixa qualidade nutricional e/ou física e granulometria inadequada ao tamanho dos peixes).
- Peixe (espécie, fase de vida, estado de saúde).
- Condições ambientais adversas (baixos níveis de oxigênio dissolvido, elevado nível de amônia tóxica, pH fora da faixa de conforto).
- Ineficiência do tratador.

Eficiência alimentar (EA)

A eficiência alimentar é calculada dividindo-se o ganho de peso total pela quantidade de alimento fornecido, sendo o inverso do indicador de conversão alimentar.

Eficiência alimentar = ganho de peso total (kg) / consumo ração total (kg)

$$EA = 900,24 \div 1.394$$

$$EA = 0,65$$

Então, a conversão alimentar de 1,55 equivale a uma eficiência alimentar de 0,65, ou seja, 65% do alimento fornecido aparentemente foi transformado em peixe. Kubitzka (1999) esclarece que a palavra “aparentemente” é usada porque cerca de 70% a 75% do ganho de peso dos peixes é devido à incorporação de água nos tecidos corporais.

Custo

Todas essas informações são muito importantes e devem ser utilizadas no gerenciamento da criação, prevenindo riscos econômicos da atividade. Considerando que o gasto com rações perfaz cerca de 60% dos custos de produção, o manejo alimentar adequado pode contribuir para a redução dessa margem tão elevada. Para isso, o acompanhamento dos indicadores e o registro do fluxo de caixa são condições fundamentais, podendo ser muito úteis durante a condução da atividade.

Com a conversão alimentar e o preço da ração (R\$), por exemplo, é possível calcular o custo com ração para se produzir 1 kg de peixe:

Custo com ração por kg de peixe = CAA × Custo unitário da ração (R\$/kg)

Custo com ração por kg de peixe = 1,55 × 3,35 = R\$ 5,19

Em resumo, foi gasto com ração R\$ 5,19 para cada quilograma de peixe produzido.

Ao avaliar a relação custo-benefício de um determinado alimento, a conversão obtida e seu custo unitário devem ser levados em conta simultaneamente, pois o baixo custo do alimento não é garantia de maior lucratividade na criação. Alimentos alternativos têm desbalanceamento nutricional e, muitas vezes, baixa palatabilidade. Seu uso resulta em menor absorção de nutrientes pelos peixes, com impactos negativos na qualidade da água e no crescimento dos peixes (Cyrino et al., 2010). A Tabela 5 mostra que o uso da ração completa, apesar de ser o alimento mais caro entre os testados, promoveu a menor conversão e, conseqüentemente, o menor custo com alimento por quilograma de peixe produzido (R\$ 16,56).

Tabela 5. Custo de produção por quilograma do bagre-africano (*Clarias gariepinus*) utilizando diferentes alimentos.

Indicador	Farelo de milho	Mistura artesanal ⁽¹⁾	Ração completa
Custo unitário do alimento por quilo (R\$)	4,00	5,15	9,20
Conversão alimentar aparente	9	5	1,8
Custo com alimento por quilo de peixe (R\$)	= 4 * 9 = 36,00	= 5,15 * 5 = 25,75	= 9,2 * 1,8 = 16,56

⁽¹⁾60% de farelo de milho, 15% de farinha de peixe, 15% de torta de girassol e 10% de farinha de mandioca.

Fonte: Adaptado de Isyagi et al. (2009).

Para a tilápia-do-nilo, os resultados também apontam que o baixo custo do alimento não é garantia de maior lucratividade no cultivo. Apesar de a cama de frango ser cerca de sete vezes mais barata que a ração extrusada, foi necessário aplicar 10,6 kg para produzir 1 kg de peixe, comparado a apenas 1,3 kg de ração extrusada (Kubitza, 1998).

Sistema de criação x manejo alimentar

Sistemas intensivos e superintensivos, como tanques-rede, exigem um manejo alimentar e nutricional mais rigoroso, pois a limitada disponibilidade de alimento natural e a maior densidade de peixes por unidade de espaço deixam os animais mais susceptíveis ao estresse, o que pode comprometer sua saúde e crescimento. Para amenizar esses efeitos, o reforço das dietas com aditivos fortalece o sistema imunológico a nível digestivo, auxilia o desenvolvimento de mecanismos de absorção, aumentando a digestibilidade dos nutrientes, ou possibilita sua captação, absorção e metabolização (Cavalheiro et al., 2014; Rodrigues et al., 2015), sendo importante para reduzir impactos que possam ser causados pela intensificação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A piscicultura pode ser uma importante alternativa de renda para o produtor, desde que realizada em consonância com práticas que viabilizem sua sustentabilidade. Cuidados com o bem-estar animal e com a manutenção da qualidade do ambiente de criação (sobretudo da água) são condições fundamentais para o retorno econômico da atividade. As práticas divulgadas nesta publicação fornecem os subsídios necessários a agentes multiplicadores para planejar e gerenciar o manejo alimentar na criação de peixes, ações fundamentais para garantir a resiliência necessária para o êxito da atividade.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). Resolução da Diretoria Colegiada Nº 274, de 15 de outubro de 2002. **Diário Oficial da União**, 16 out. 2002. Seção 1, p. 45.

AMORIM, M. de J.; SOUSA, G. R.; TOSTA, M. de C. R. Pesquisa bibliográfica sobre implementação da automação na piscicultura. **Brazilian Journal of Production Engineering**, v. 6, n. 8, p. 85-96, 2021. Doi: <https://doi.org/10.47456/bjpe.v6i8.34578>

ANUÁRIO 2022: Peixe Br da Piscicultura. São Paulo: Associação Brasileira de Piscicultura, 2022. 79 p.

AQUACULTURE FEED PROCESSING AND NUTRITION WORKSHOP, 1991, Singapore. **Proceedings...** [S.l.]: American Soybean Association, 1991. 241 p.

BAKKE, A. M.; CHIKWATI, E. M.; VENOLD, F. F.; SAHLMANN, C.; HOLM, H.; PENN, M. H.; OROPEZA-MOE, M.; KROGDAHL, Å. Bile enhances glucose uptake, reduces permeability, and modulates effects of lectins, trypsin inhibitors and saponins on intestinal tissue. **Comparative Biochemistry and Physiology, Part A**, v. 168, p. 96-109, 2014. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2013.11.010>

BAKKE, A. M.; GLOVER, C.; KROGDAHL, A. Feeding, digestion and absorption of nutrients. In: GROSELL, M.; FARREL, A. P.; BRAUNER, C. J. (ed.). **The multifunctional gut of fish**. Amsterdam: Academic Press: Elsevier, 2011. p. 57-110. (Fish Physiology).

CARUSO, G.; DENARO, M. G.; GENOVESE, L. Digestive Enzymes in Some Teleost Species of Interest for Mediterranean Aquaculture. **The Open Fish Science Journal**, v. 2, n. 1, p. 74-86, 2009. Doi: <https://doi.org/10.2174/1874401X00902010074>

CASTRO, C.; PÉREZ-JIMÉNEZ, A.; COUTINHO, F.; POUÇÃO-FERREIRA, P.; BRANDÃO, T. M.; OLIVATELES, A.; PERES, H. Digestive enzymes of meagre (*Argyrosomus regius*) and white seabream (*Diplodus sargus*). Effects of dietary brewer's spent yeast supplementation. **Aquaculture**, v. 416-417, p. 322-327, 2013. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.09.042>

CAVALHEIRO, A. C. M.; CASTRO, M. L. S.; EINHARDT, M. D. S.; POUÉY, J. L. O. F.; PIEDRAS, S. N.; XAVIER, E. G. Microingredientes utilizados em alimentação de peixes em cativeiro. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v. 109, n. 589-590, p. 11-20, 2014.

CONCEIÇÃO, L. E. C.; YÚFERA, M.; MAKRIDIS, P.; MORAIS, S.; DINIS, M. T. Live feeds for early stages of fish rearing. **Aquaculture Research**, v. 41, n. 5, p. 613-640, 2010. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2009.02242.x>

CORREA, R. de O.; MEYER, G.; MOTA, D. M. da; MARTINS JUNIOR, H. **Manejo alimentar para tambaquis na piscicultura familiar no nordeste paraense**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2011. 1 folder.



COUTO, A.; KORTNER, T. M.; PENN, M.; BAKKE, A. M.; KROGDAHL, A.; OLIVATELES, A. Effects of dietary soy saponins and phytosterols on gilthead sea bream (*Sparus aurata*) during the on-growing period. **Animal Feed Science and Technology**, v. 198, p. 203-214, 2014. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.09.005>

CRESCÊNCIO, R.; ITUASSÚ, D. R.; ROUBACH, R.; FILHO, M. P.; CAVERO, B. A. S.; GANDRA, A. L. Influência do período de alimentação no consumo e ganho de peso do pirarucu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 12, p. 1217-1222, 2005. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2005001200009>

CYRINO, J. E. P.; BICUDO, A. J. A.; SADO, R. Y.; BORGHESI, R.; DAIRIK, J. K. A. Piscicultura e o ambiente – o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 68-87, 2010. Suplemento especial. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001300009>

FAO. **Aquaculture Feed and Fertilizer Resources Information System - Species profiles: Rainbow trout Tables**. Rome, 2020. Disponível em: <http://www.fao.org/fishery/affris/species-profiles/rainbow-trout/tables/en/>. Acesso em: 20 dez. 2020.

FURUYA, W. M.; SOUZA, S. R.; FURUYA, V. R. B.; HAYASHI, C.; RIBEIRO, R. P. Dietas peletizadas e extrusadas para machos revertidos de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) na fase de terminação. **Ciência Rural**, v. 28, n. 3, p. 438-487, 1998. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0103-84781998000300022>

GERMAN, D. P.; SUNG, A.; JHAVERI, P.; AGNIHOTRI, R. More than one way to be an herbivore: convergent evolution of herbivory using different digestive strategies in prickleback fishes (Stichaeidae). **Zoology**, v. 118, n. 3, p. 161-170, 2015. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.zool.2014.12.002>

GONÇALVES, L. U.; RODRIGUES, A. P. O.; MORO, G. V.; CARGNIN-FERREIRA, E.; CYRINO, J. E. P. Morfologia e fisiologia do sistema digestório de peixes. In: FRACALOSSO, D. M.; CYRINO, J. E. P. (ed.). **Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira**. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2013. p. 9-36.

HASAN, M. R.; NEW, M. B. **On-farm feeding and feed management in aquaculture**. Rome: FAO, 2013. p. 407-431. (FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, n. 583).

HEMRE, G.-I.; MOMMSEN, T.; KROGDAHL, Å. Carbohydrates in fish nutrition: effects on growth, glucose metabolism and hepatic enzymes. **Aquaculture Nutrition**, v. 8, n. 3, p. 175-194, 2002. Doi: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2095.2002.00200.x>

HEMRE, K.; YÚFERA, M.; RØNNESTAD, I.; BOGLIONE, C.; CONCEIÇÃO, L. E. C.; IZQUIERDO, M. Fish larval nutrition and feed formulation: knowledge gaps and bottlenecks for advances in larval rearing. **Reviews in Aquaculture**, v. 5, p. S26-S58, 2013.

HOSSAIN, M. A. R.; HAYLOR, G. S.; BEVERIDGE, M. C. M. Effect of feeding time and frequency on the growth and feed utilization of African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) fingerlings. **Aquaculture Research**, v. 32, n. 12, p. 999-1004, 2001. Doi: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.2001.00635.x>

IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. **Tabela 3940: produção da aqüicultura, por tipo de produto – ano 2019**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3940>. Acesso em: 17 ago. 2020.

ISYAGI, N. A.; VEVERICA, K. L.; ASIIMWE, R.; DANIELS, W. H. Feeds and Feeding the Fish. In: ISYAGI, N. A.; VEVERICA, K. L.; ASIIMWE, R.; DANIELS, W. H. **Manual for the commercial pond production of the african catfish in Uganda**. Alabama: Auburn University, 2009. cap. 6, p. 97-119.

JABEEN, F.; CHAUDHRY, A. S. Chemical compositions and fatty acid profiles of three freshwater fish species. **Food Chemistry**, v. 125, n. 3, p. 991-996, 2011. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.09.103>

JOBLING, M.; GOMES, E.; DIAS, J. Feed types, manufacture and ingredients. In: HOULIHAN, D.; BOUJARD, T.; JOBLING, M. (ed.). **Food Intake in Fish**. Malden: Blackwell Science, 2001. cap. 2, p. 25-48.

KARASOV, W. H.; DIAMOND, J. M. Interplay between physiology and ecology in digestion. **BioScience**, v. 38, n. 9, p. 602-611, 1988. Doi: <https://doi.org/10.2307/1310825>

KIM, K.-D.; KANG, Y. J.; KIM, K.-W. Effects of feeding rate on growth and body composition of juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus*. **Journal of World Aquaculture Society**, v. 38, n. 1, p. 169-173, 2007. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2006.00086.x>

KOLKOVSKI, S. Microdiets as alternatives to live feeds for fish larvae in aquaculture: Improving the efficiency of feed particle utilization. In: ALLAN, G.; BURNELL, G. (ed.). **Advances in aquaculture hatchery technology**. Oxford: Woodhead, 2013. cap. 6, p. 203-222. Doi: <https://doi.org/10.1533/9780857097460.1.203>

KUBITZA, F. Qualidade da água na produção de peixes: parte II. **Panorama da Aquicultura**, v. 46, n. 8, p. 35-41, 1998.

KUBITZA, F. Tanques-rede, rações e impacto ambiental. **Panorama da Aquicultura**, v. 51, n. 9, p. 44-50, 1999.

KUBITZA, F. A versatilidade do sal na piscicultura. **Panorama da Aquicultura**, v. 17, n. 103, p. 14-23, 2007.

KUZ'MINA, V. V.; GELMAN, A. G. Membrane-linked digestion in fish. **Reviews in Fisheries Science**, v. 5, n. 2, p. 99-129, 1997. Doi: <https://doi.org/10.1080/10641269709388595>

LIMA, A. F.; RODRIGUES, A. P. O.; ALVES, A. L.; VARELA, E. S.; TORATI, L. S.; MATAVELI, M.; MACIEL, P. O.; BEZERRA, T. A. **Manejo de plantel de reprodutores de pirarucu**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 108 p.

LOGATO, P. V. R. **Nutrição e alimentação de peixes de água doce**. Viçosa: Aprenda fácil, 2000. 128 p.

LOURES, B. T. R. R.; RIBEIRO, R. P.; VARGAS, L.; MOREIRA, H. L. M.; SUSSEL, F. R.; POVH, J. A.; CAVICHIOLO, F. Manejo alimentar de alevinos de tilápia do Nilo, em *Oreochromis niloticus* (L.), associado às variáveis físicas, químicas e biológicas do ambiente. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 23, p. 877-883, maio 2008.

MF RURAL. **Peneira para trituradores – Moinhos**. Disponível em: <https://www.mfrural.com.br/detalhe/115034/peneira-para-trituradores-moinhos>. Acesso em: 9 nov. 2020.

MIHELAKAKIS, A.; TSOLKAS, C.; YOSHIMATSU, T. Optimization of feeding rate of hatchery-produced juvenile gilthead sea bream *Sparus aurata*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 33, n. 2, p. 169-175, 2002. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2002.tb00491.x>

MOHANTA, K. N.; MOHANTY, S. N.; JENA, J. K.; SAHU, N. P. Protein requirement of silver barb, *Puntius gonionotus* fingerlings. **Aquaculture Nutrition**, v. 14, n. 2, p. 143-152, 2008. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2007.00514.x>

MORAES, G.; ALMEIDA, L. C. de. Nutrição e aspectos funcionais da digestão de peixes. In: BALDISSEROTO, B.; CYRINO, J. E. P.; URBINATI, E. C. (ed.). **Biologia e fisiologia de peixes neotropicais de água doce**. Jaboticabal: FUNEP: UNESP, 2014. p. 233-250.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirement of fish and shrimp**. Washington, D.C.: National Academic Press, 2011. 392 p.

NAYLOR, R. L.; HARDY, R. W.; BUSCHMANN, A. H.; BUSH, S. R.; CAO, L.; KLINGER, D. H.; LITTLE, D. C.; LUBCHENCO, J.; SHUMWAY, S. E.; TROELL, M. A 20-year retrospective review of global aquaculture. **Nature**, v. 591, n. 7851, p. 551-563, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03308-6>

NOBLE, C.; KADRI, S.; MITCHELL, D. F.; HUNTINGFORD, F. A. The impact of environmental variables on the feeding rhythms and daily feed intake of cage held 1+ Atlantic salmon parr (*Salmo salar* L.). **Aquaculture**, v. 269, p. 290-298, 2007.

OLLI, J. J.; HJELMELAND, K.; KROGDAHL, A. Soybean trypsin inhibitors in diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*, L): effects on nutrient digestibilities and trypsin in pyloric caeca homogenate and intestinal content. **Comparative Biochemistry and Physiology, Part A, Physiology**, v. 109, n. 4, p. 923-928, 1994. Doi: [https://doi.org/10.1016/0300-9629\(94\)90240-2](https://doi.org/10.1016/0300-9629(94)90240-2)

OLSEN, R. E.; RINGO, E. Lipid digestibility in fish. **Recent Research Developments in Lipid Research**, v. 1, p. 199-264, 1997.

PASTORE, S. C. G.; GAIOTTO, J. R.; RIBEIRO, F. A. S.; NUNES, A. J. P. Boas práticas de fabricação e formulação de rações para peixes. In: FRACALLOSSI, D. M.; CYRINO, J. E. P. (ed.). **Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira**. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2013. p. 295-343.

PEREIRA, M. M. G.; CARVALHO, E. P.; PRADO, G.; ROSA, C. A. R.; VELOSO, T.; SOUZA, L. A. F.; RIBEIRO, J. M. M. Aflatoxinas em alimentos destinados a bovinos e em amostras de leite da região de Lavras, Minas Gerais – Brasil. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 1, p. 106-112, 2005.

PISCICULTURA: alimentação. Brasília, DF: Senar, 2019. 48 p. (Coleção SENAR, 263).

RAY, A. K.; RINGO, E. The gastrointestinal tract of fish. In: MERRIFIELD, D. L.; RINGØ, E. (ed.). **Aquaculture Nutrition: Gut health, probiotics and prebiotics**. London: Wiley Blackwell, 2014. p. 1-13.

REIS, E. S.; FEIDEN, A.; BOSCOLO, W. R.; FREITAS, J. M. A.; ZAMINHAN, M.; MAHL, I. Processamento da ração no desempenho de juvenis de jundiá (*Rhamdia voulezi*) cultivados em tanques-rede. **Ciência Animal Brasileira**, v. 13, n. 2, p. 205-212, 2012. Doi: <https://doi.org/10.5216/cab.v13i2.15421>

REIS, G. P.; NETO, Y. R.; VASCONCELOS, V. C.; GUIMARÃES, I. M.; SANTOS, E. L. Evolução do trato digestório de *Prochilodus argenteus* de cultivo ao longo do desenvolvimento ponderal. **Nutri Time Revista Eletrônica**, v. 15, n. 5, p. 8282-8292, 2018.

RODRIGUES, A. P. O.; BERGAMIN, G. T.; SANTOS, V. R. V. Nutrição e alimentação de peixes. In: RODRIGUES, A. P. O.; LIMA, A. F.; ALVES, A. L.; ROSA, D. K.; TORATI, L. S.; SANTOS, V. R. V. (ed.). **Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. cap. 6, p. 171-214.

RODRIGUES, L. A.; FERNANDES, J. B. K. Influência do processamento da dieta no desempenho produtivo do acará bandeira (*Pterophyllum scalare*). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 28, n. 1, p. 113-119, 2006. Doi: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v28i1.847>

RODRIGUES, R.; MEURER, F.; BOSCOLO, W. R. Additives in Fish Nutrition. **Revista Colombiana Ciencias Animais**, v. 7, n. 2, p. 228-236, 2015.

ROTTA, M. A. **Aspectos gerais da fisiologia e estrutura do sistema digestivo dos peixes relacionados à piscicultura**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003. 48 p.

SANTIGOSA, E.; SÁNCHEZ, J.; MÉDALE, F.; KAUSHIK, S.; PÉREZ-SÁNCHEZ, J.; GALLARDO, M. A. Modifications of digestive enzymes in trout (*Oncorhynchus mykiss*) and sea bream (*Sparus aurata*) in response to dietary fish meal replacement by plant protein sources. **Aquaculture**, v. 282, n. 1-4, p. 68-74, 2008. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.06.007>

SANZ, F. **La nutrición y alimentación en piscicultura**. Madri: Fundación Observatorio Español de Acuicultura, 2009. 803 p.

SECCI, G.; PARISI, G. From farm to fork: lipid oxidation in fish products. A review. **Italian Journal of Animal Science**, v. 15, n. 1, p. 124-136, 2016. Doi: <https://doi.org/10.1080/1828051X.2015.1128687>

SHIMA, T.; YAMAMOTO, T.; FURUITA, H.; SUZUKI, N. Effect of the response interval of self-feeders on the self-regulation of feed demand by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fry. **Aquaculture**, v. 224, p. 181-191, 2003. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00219-9](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00219-9)

SILVA, L. C. R.; FURUYA, W. M.; NATALI, M. R. M.; SCHAMBER, C. R.; SANTOS, L. D. dos; VIDAL, L. V. O. Desempenho e morfometria intestinal de juvenis de tilápia-do-nilo alimentados com dietas suplementadas com L-glutamina e L-glutamato. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 6, p. 1175-1179, 2010. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000600002>

SILVA, W. S.; CORDEIRO, N. I. S.; COSTA, D. C.; TAKATA, R.; LUZ, R. K. Frequência alimentar e taxa de arraçoamento durante o condicionamento alimentar de juvenis de pacamã. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 8, p. 648-651, 2014. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2014000800009>

TACON, A. G. J.; METIAN, M.; HASAN, M. R. **Feed ingredients and fertilizers for farmed aquatic animals: sources and composition**. Rome: FAO, 2009. 209 p. (FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, n. 540).

TOCHER, D. R. Metabolism and Functions of Lipids and Fatty Acids in Teleost Fish. **Reviews in Fisheries Science**, v. 11, n. 2, p. 107-184, 2003. Doi: <https://doi.org/10.1080/713610925>

TOCHER, D. R. Omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acids and aquaculture in perspective. **Aquaculture**, v. 449, p. 94-107, 2015. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.01.010>

TSUKAMOTO, R. Y.; TAKAHASHI, N. S. O mau sabor do pescado: Conjecturas e atualidades sobre off-flavor. **Panorama da Aquicultura**, v. 17, n. 104, p. 10-13, 2007.

TUCKER, C. S.; ROBINSON, E. H. **Channel catfish farming handbook**. New York: AVI Book, 1991. 292 p.

VIEIRA, J. S.; LOGATO, P. V. R.; RIBEIRO, P. A. P.; FREITAS, R. T. F.; FIALHO, E. T. Efeito do processamento do milho sobre o desempenho e composição de carcaça de piaba (*Leporinus friderici*) criada em tanques-rede. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 2, p. 453-458, 2005. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542005000200025>

WILSON, J. M.; CASTRO, L. F. C. Morphological diversity of the gastrointestinal tract in fishes. **Fish Physiology**, v. 30, p. 1-55, 2011. Doi: [https://doi.org/10.1016/S1546-5098\(10\)03001-3](https://doi.org/10.1016/S1546-5098(10)03001-3)

WOLKERS, C. P. B.; SERRA, M.; HOSHIBA, M. A.; URBINATI, E. C. Dietary l-tryptophan alters aggression in juvenile matrinxã *Brycon amazonicus*. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 38, n. 3, p. 819-827, 2012. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10695-011-9569-x>

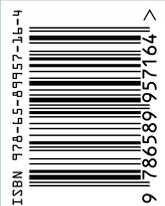
WOYNÁROVICH, A.; VAN ANROOY, R. **Field guide to the culture of tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1816)**. Rome: FAO, 2019. 132 p. (FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, n. 624).

ZAVALA-CAMIN, L. A. **Introdução aos estudos sobre alimentação natural em peixes**. Maringá: EDUEM, 1996. 129 p. Doi: <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-72>

Embrapa

Amazônia Oriental

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



CGPE 017740