

# Nutrição e alimentação de camarões do gênero *Macrobrachium* (Bate, 1868) (CRUSTACEA: DECAPODA: PALAEMONIDAE)

Igor Santos de Freitas<sup>1\*</sup>, César Antunes Rocha Nunes<sup>2</sup>, André Luis Lima Batista Sales<sup>1</sup>

## Resumo

<sup>1</sup>Universidade do Estado da Bahia, Departamento de Ciências Humanas e Tecnologias (DCHT), Campus XXIV. Xique-Xique, BA, Brasil.

<sup>2</sup>Universidade Estadual de Feira de Santana, Departamento de Ciências Biológicas (DCBio), Feira de Santana, BA, Brasil.

Autor correspondente:  
Igor Santos de Freitas  
E-mail: igorsfreitas.engpesca@gmail.com

Artigo recebido em 10/12/2021, aceito em 27/07/2022 e disponibilizado online em 12/08/2022.

Editor responsável: Cícero Vicente Ferreira Júnior

Os camarões do gênero *Macrobrachium* necessitam de rações balanceadas que atendam às suas necessidades metabólicas de forma a garantir produtividade com sustentabilidade. O objetivo do presente trabalho foi realizar uma abordagem teórica sobre os aspectos nutricionais e alimentares que influenciam o desenvolvimento dos camarões do gênero *Macrobrachium*. A pesquisa apresenta estudos científicos relacionados a fisiologia do trato digestivo, realizando uma síntese sobre as principais estruturas que compõem o sistema digestivo e suas relações com o metabolismo dos alimentos; nutrientes essenciais, estudando a sua correlação com demais componentes das dietas e respectivas exigências nutricionais; alimentação e potenciais ingredientes para formulação de rações, apresentando um apanhado de informações sobre o hábito alimentar de algumas espécies e possíveis ingredientes proteicos e energéticos para formulação das dietas. Os *Macrobrachium* apresentam grande capacidade de aproveitamento de nutrientes, no entanto são necessários mais estudos para possibilitar o uso de mais ingredientes na sua alimentação.

Aminoácidos; Ácidos graxos; Bioquímica; Hepatopâncreas.

## Abstract

Shrimp of the genus *Macrobrachium* need balanced diets that meet their metabolic needs in order to guarantee productivity with sustainability. The objective of the present work was to carry out a theoretical approach on the nutritional and dietary aspects that influence the development of shrimp of the genus *Macrobrachium*. The research presents scientific studies related to the physiology of the digestive tract, performing a synthesis on the main structures that make up the digestive system. and its relationship with food metabolism; essential nutrients, studying their correlation with other diet components and their respective nutritional requirements; feeding and potential ingredients for the formulation of rations, presenting an overview of information on the eating habits of some species and possible protein and energy ingredients for the formulation of diets. The *Macrobrachium* have a great capacity to use nutrients, however, more studies are needed to enable the use of more ingredients in their food.

Amino acids; Biochemistry; Fatty acids; Hepatopancreas.



© Revista Sertão Sustentável 2022. Open access sob licença Creative Commons BY-NC-ND 4.0 International.

## INTRODUÇÃO

A carcinicultura no Brasil tem se mostrado bastante promissora, segundo Anderson e Valderrama (2019) a produção de camarão no país alcançou em 2019 aproximadamente noventa mil toneladas, ocupando o terceiro lugar entre os maiores produtores da América do sul. As espécies de camarão de água doce *Macrobrachium nipponense* (De Haan 1849) e *Macrobrachium rosenbergii* (De Man 1879) foram as mais produzidas no mundo em 2018, entretanto o cultivo de camarões marinhos possui maior predominância sobre a produção dos crustáceos (FAO 2020).

O gênero *Macrobrachium* (Bate 1868), pertencente à família Palaemonidae, possui mais de 240 espécies distribuídas em regiões tropicais e subtropicais de vários países (DE GRAVE; FRANSEN 2011). Nas Américas são encontradas 55 espécies, sendo que 17 delas são registradas no Brasil (PILEGGI; MANTELATTO 2012). Apesar de conter ampla diversidade de espécies de camarões de água doce, o Brasil possui apenas três espécies com potencial produtivo: *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann 1836), *Macrobrachium carcinus* (Linnée 1758) e *Macrobrachium amazonicum* (Heller 1862) (KUTTY; VALENTI 2010).

A alimentação dos camarões desse gênero, em seu habitat natural, geralmente é composta por vários tipos de alimentos, tais como invertebrados vivos, algas, matéria vegetal e animal fresca ou seca. Esse comportamento alimentar onívoro/detrívoro foi reportado por Brown, New e Ismael (2010), Kutty e Valenti (2010), Moraes-Valenti e Valenti (2010), para as espécies *M. rosenbergii*, *M. acanthurus* e *M. amazonicum* respectivamente.

Algumas características devem ser observadas para a escolha da espécie a ser produzida, tais como: crescimento rápido, simples manejo alimentar, rusticidade, boa aceitação no mercado, fácil reprodução e manutenção (ALVARADO 2009). O maior entrave na nutrição de camarões de água doce é a formulação de dietas que possam suprir as exigências nutricionais das espécies. Desta forma, a alimentação torna-se um fator bastante importante na carcinicultura, uma vez que a mesma representa cerca de 50 a 70% dos custos totais do cultivo (DE FREITAS et al. 2016).

O ingrediente utilizado na ração, deve apresentar em sua composição características nutricionais como baixos níveis de fibra, amido e carboidratos não solúveis. Deve possuir também elevado conteúdo proteico, bom perfil de aminoácidos, elevada digestibilidade dos nutrientes, boa palatabilidade e isento de fatores antinutricionais. Os carboidratos e os lipídeos atuam como a principal fonte energética, enquanto que as proteínas são utilizadas quase que em sua totalidade na síntese de tecidos. A farinha de peixe é considerada uma das melhores fontes proteicas para camarões, por apresentar ótimo perfil de aminoácidos, acen-

tuada palatabilidade e atratividade (CARVALHO 2011), além de ser o componente mais caro utilizado na formulação das rações.

O conhecimento sobre o metabolismo basal dos crustáceos torna-se necessário, a fim de melhorar o desempenho e bem-estar dos animais através de dietas com níveis de proteínas e aminoácidos adequados, além de um balanço ideal entre energia/proteína. Portanto, a determinação das exigências nutricionais dos camarões permite formular rações com menor custo e com maior digestibilidade dos ingredientes, além de diminuir a excreção de nutrientes na água de cultivo (VIEIRA 2015).

Desta forma, é importante que haja maior ênfase nos estudos relacionados a alimentação de camarões de água doce, com o intuito de desenvolver novas técnicas de manejo alimentar mais eficientes e que possam suprir as necessidades nutricionais de cada espécie, com a finalidade de promover o desenvolvimento da atividade de forma sustentável e proporcionar maior geração de emprego e renda. Sendo assim, este trabalho teve como objetivo, realizar uma abordagem teórica sobre os aspectos nutricionais e alimentares que influenciam o desenvolvimento dos camarões do gênero *Macrobrachium* durante o cultivo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O levantamento bibliográfico foi realizado entre os meses de março a junho de 2021. As informações encontradas nesse trabalho são oriundas de artigos e livros científicos nacionais e internacionais para o *Macrobrachium*, publicados entre 2001 e 2021. A pesquisa foi realizada nas bases de dados Scopus, ISI Web of Science e Scielo.

Foram encontrados artigos científicos, teses de doutorado e dissertações de mestrado com temas relacionados a nutrição e alimentação de camarões do gênero *Macrobrachium*. Os trabalhos foram lidos e analisados de acordo com a sua importância para a construção do artigo. Dentro dessa temática foi verificada a ocorrência de trabalhos que abordassem a fisiologia do trato digestivo das espécies e os nutrientes essenciais (em quantidade e percentual) que compõem as dietas, além de trabalhos que abordassem a alimentação dos camarões em seu ambiente natural e potenciais ingredientes para produção e oferta de rações.

Algumas palavras foram combinadas com o intuito de facilitar a procura e encontro dos trabalhos necessários para a escrita do artigo. Em todas as combinações de palavras algumas foram frequentemente empregadas, tais como: nutrição, alimentação, *Macrobrachium*, camarão de água doce, fisiologia e nutrientes essenciais. Não houve restrição quanto a escolha de trabalhos escritos em diferentes idiomas, sendo que os artigos científicos foram encontrados em português e inglês diferente das teses e dissertações que foram encontradas todas escritas em português.

Para a tradução dos artigos em inglês foi utilizado a ferramenta Google tradutor. O corpo/desenvolvimento do trabalho foi dividido em tópicos, tendo o tópico nutrientes essenciais dividido em subtópicos, a fim de facilitar a leitura e interpretação do leitor.

## FISIOLOGIA DO TRATO DIGESTIVO

O sistema digestivo dos crustáceos possui três regiões diferentes: o intestino anterior, o intestino médio e o intestino posterior, além da glândula digestiva o hepatopâncreas, cecos e divertículos. Os intestinos anterior e posterior possuem origem ectodérmica sendo envolvidos com cutícula. O intestino médio provém da endoderme e não há cobertura cuticular, desta forma as suas células encontram-se em contato com o lúmen (BROWN; NEW; ISMAEL 2010; RUIZ et al. 2020).

O processo de digestão dos alimentos nos decápodos ocorre inicialmente na boca através da mastigação, para em seguida o alimento ser conduzido até o estômago através do esôfago. O estômago possui duas câmaras a cárdica e a pilórica, as quais são bastante seletivas e cuja função principal é promover a quebra dos alimentos em partículas menores. A porção cárdica é o primeiro compartimento que recebe o alimento bruto vindo do esôfago e por esse motivo o mesmo possui placas quitinosas e moinhos que promovem a quebra mecânica dos alimentos. Nesse compartimento ocorre também o começo da digestão química das partículas, por meio de enzimas providas do hepatopâncreas. Em seguida, o alimento é conduzido até a porção pilórica, onde será quebrado em partículas ainda menores, para então ser encaminhado até o hepatopâncreas e posteriormente ao intestino posterior para formação das fezes (PICOLO 2013).

O hepatopâncreas está localizado no intestino médio (PICOLO 2013) e possui diversas funções como a síntese e secreção de enzimas digestivas, reabsorção de nutrientes, reserva de energia, transporte de íons e excreção (BROWN; NEW; ISMAEL et al. 2010; MORAES-VALENTI; VALENTI 2010). É uma estrutura constituída por diferentes túbulos ou ductos hepatopancreáticos de extremidade cega, subdivididos em três zonas distintas (proximal, medial e distal) e revestidos por um epitélio pseudo-estratificado que possui cinco tipos de células especializadas, direcionadas à digestão e armazenamento de nutrientes, podendo ser classificadas em células E (embrionárias), R (reabsortivas), F (fibrilar), B (vesicular) e M. Essas características foram observadas por Franceschini-Vicentini et al. (2009) em *M. amazonicum*, por Silva et al. (2018) em *M. rosenbergii* e por Ruiz et al. (2020) em *M. carcinus*.

Lima et al. (2016) analisaram a estrutura do intestino anterior do *M. carcinus* e a caracterizaram como sendo um órgão translúcido com parede delgada, sendo composto por diferentes

estruturas, como: boca, cavidade bucal, esôfago e estômago. Os autores relataram a ausência de um moinho gástrico em *M. carcinus* e sugerem que a ausência dessa estrutura é compensada pela ingestão de areia e movimentação da câmara cárdica do estômago, os quais auxiliam no processo de trituração dos alimentos. As características do meio e a alimentação da espécie, assim como as adaptações fisiológicas podem ter contribuído para essas alterações, uma vez que a fisiologia do intestino anterior é considerada uniforme na maioria dos decápodos (PICOLO 2013).

Os camarões de água doce apresentam ampla diversidade de enzimas proteolíticas, tais como carboxipeptidase A e B, tripsina e leucina aminopeptidase, utilizadas na digestão química dos alimentos (D'ABRAMO; NEW 2010). O processo de hidrólise das proteínas em peptídeos de cadeia longa é realizado pelas endoproteases, enquanto aminopeptidases (exo-proteases) degradam muito mais esse nutriente em pequenos aminoácidos e peptídeos, maximizando a sua absorção (SANTOS et al. 2014).

No estudo realizado por Silva et al. (2020), foi observada alta atividade de proteases alcalinas totais, tripsina e quimotripsina, além de uma menor relação amilase/protease no intestino médio dos juvenis de *M. carcinus*, indicando que essa espécie possui hábito alimentar onívoro. Kong et al. (2019) analisaram a influência de diferentes fontes de carboidratos no hepatopâncreas do *M. nipponense* e verificaram maior atividade das enzimas metabólicas hexoquinase, fosfofrutocinase, glicose-6-fosfato desidrogenase e piruvato quinase, quando os camarões foram alimentados com dietas contendo amido de milho cru e/ou pré-gelatinizado e dextrina. A atividade das enzimas digestivas amilase e tripsina também foram maiores nas dietas contendo amido em comparação com aquelas contendo maltose, glicose e celulose.

Uma maior atividade de enzimas digestivas sugere uma maior contribuição para o desenvolvimento dos camarões, ocasionado pelas diferentes respostas fisiológicas às fontes de carboidratos empregados nas dietas.

Santos et al. (2014) reportaram a atividade de tripsina, quimo-tripsina e leucina aminopeptidase no hepatopâncreas do camarão *M. amazonicum*. A ocorrência de endo e exo-proteases nesse órgão podem contribuir para melhor digestão das proteínas. Nesse estudo os autores compararam o processo de digestão das proteínas entre os camarões criados em cativeiros com aqueles que habitavam o ambiente natural. Percebeu-se que houve diferenças quanto à digestão proteica, pois os camarões criados em cativeiro apresentaram proteases digestivas mais adaptadas às condições impostas pelo confinamento. Essa adaptação pode estar relacionada à seleção artificial como resposta fisiológica às condições do meio de cultivo, o que resulta em matrizes geneticamente mais eficientes do ponto de vista produtivo.

Estudos que possam distinguir e caracterizar as funções de cada enzima digestiva encontradas no aparelho digestivo dos camarões é de suma importância, pois facilitam o entendimento do processo digestivo, contribuindo para a eficiência da utilização dos alimentos e assimilação dos nutrientes das dietas, resultando em um melhor desempenho zootécnico desses animais.

## NUTRIENTES ESSENCIAIS

Geralmente as rações comerciais para aquicultura, contêm ingredientes que são fontes de proteínas e lipídeos, podendo ser de origem animal e vegetal, além de carboidratos e suplementos como vitaminas, minerais, corantes e conservantes. Para formular uma ração comercial de baixo custo e nutricionalmente completa, o ideal é utilizar como fonte principal de energia os carboidratos, pois o uso prioritário das proteínas é direcionado a formação de tecidos novos. Tendo em vista que a proteína é o componente mais oneroso da dieta (SANTOS et al. 2017), e por esse motivo torna-se necessária a utilização de outras fontes proteicas, a fim de reduzir os custos durante o cultivo.

O excesso de carboidratos na alimentação pode diminuir a taxa de alimentação do animal e a digestibilidade dos ingredientes da ração, por outro lado, elevados níveis de proteínas e baixo valor energético podem reduzir o crescimento e a conversão alimentar, contribuindo com o aumento dos custos da produção. Nos estágios iniciais de desenvolvimento os camarões possuem o metabolismo mais alto, com maiores taxas de crescimento, exigindo também maiores níveis de proteína na alimentação (SILVA et al. 2020).

Fatores como qualidade de água, solo, densidade de estocagem, manejo alimentar e proporção sexual, também influenciam no desenvolvimento dos camarões em cativeiro. Por essa razão a escolha da ração ideal que contenha uma quantidade apropriada de nutrientes essenciais, pode contribuir positivamente com a viabilidade da produção.

### Proteínas

As proteínas são as biomoléculas que atuam no crescimento e recuperação dos tecidos e o seu aproveitamento pelos crustáceos está atribuído a um perfil ideal de aminoácidos. O processo de digestão ocorre por meio da ação de enzimas digestivas, ocorrendo a liberação de aminoácidos livres, dipeptídeos e tripeptídeos. Posteriormente, ocorre a absorção pelas células da mucosa e distribuição dos aminoácidos livres para órgãos e tecidos (CARVALHO 2011).

A quantidade de proteína ofertada na ração pode ser influenciada pela espécie alvo, tipo de alimento utilizado e pelas diferentes fases de crescimento. Vale ressaltar também que as

condições de cultivo podem influenciar no desenvolvimento dos camarões em cativeiro.

Os camarões de água doce necessitam dos mesmos dez aminoácidos considerados essenciais que outras espécies de crustáceos e peixes, entretanto as exigências quantitativas ainda não foram determinadas. A composição química do músculo, baseada na quantidade de aminoácidos presentes, é utilizada para oferecer dados substanciais para a formulação das dietas (D'ABRAMO; NEW 2010; SARMAN et al. 2018).

No estudo realizado por Portella et al. (2013) com pós-larvas de *M. amazonicum*, o ácido glutâmico foi o aminoácido não essencial que apresentou maior quantidade na composição corporal (168 mg/g), seguido do ácido aspártico (114 mg/g), lisina (95 mg/g), leucina (83 mg/g), arginina (81 mg/g), alanina (71 mg/g) e glicina (61 mg/g). Sendo que a lisina e a leucina são consideradas essenciais. Nesse estudo, os autores obtiveram maiores valores de proteína corporal (21,5 g/100 g) para o *M. amazonicum*, quando comparado com a concentração encontrada (18,5 g /100 g) para *M. rosenbergii*. Desta forma, a espécie nativa *M. amazonicum* possui grande potencial para a carcinicultura de água doce, uma vez que apresenta elevado teor proteico em sua composição corporal.

A maior atividade das enzimas tripsina, quimiotripsina e leucina aminopeptidase observado por Santos et al. (2014) em juvenis de *M. amazonicum*, cultivados em cativeiro, resultou em maior peso corporal desses animais comparados àqueles da mesma espécie, capturados em ambiente natural, os quais apresentaram peso corporal equivalente a 25 a 35% do peso dos camarões cultivados. Os autores salientam que a elevada atividade dessas enzimas pode ter contribuído para as melhores respostas ao manejo dietético. Desta forma, presume-se que a ação das proteases, possui grande importância para a absorção de aminoácidos, resultando em um melhor desempenho da espécie.

O manejo nutricional e operacional, são fatores de grande importância para o cultivo de camarões em cativeiro, percebe-se que o fornecimento de alimento artificial juntamente com o alimento natural encontrado em viveiros de cultivo, contribui para o melhor desenvolvimento do *M. amazonicum*, pois no ambiente natural há constante gasto energético pela procura de alimento e manutenção do metabolismo, além dos fatores reprodutivos.

Santos et al. (2017) avaliaram em seu estudo diferentes níveis de proteína (20%, 25%, 30%, 35% e 40%) no desempenho zootécnico de juvenis de *M. amazonicum*, utilizando como fonte de proteína a farinha de peixe. Os autores concluíram que as dietas contendo 35% de proteína bruta, promoveram maior ganho de peso e peso final aos crustáceos e não recomendam níveis superiores que esse, pois mostrou-se ineficaz quanto ao desempenho.

No estudo realizado por Goda (2008), utilizando diferentes níveis de proteína (30%, 35% e 40%) na dieta de pós-larvas de *M. rosenbergii*, os melhores resultados de sobrevivência, peso médio final, ganho de peso, taxa de crescimento específico e conversão alimentar foram obtidos nas dietas contendo 30% de proteína, no entanto as dietas com níveis de 40% de proteína apresentaram maior deposição desse nutriente na carcaça.

Goda (2008) ressalta ainda que a quantidade ideal de proteína para a dieta do *M. rosenbergii* está relacionada à quantidade de energia fornecida e que níveis menores que 30%, desse nutriente, podem reduzir o crescimento. Nesse estudo, as principais fontes proteicas utilizadas foram a farinha de peixe e a farinha de subprodutos de aves, sendo que essa última foi utilizada para obter os maiores níveis de proteína.

Resultados similares foram encontrados por Zhang et al. (2017) que recomendam níveis de até 330 g/kg (33%) de proteína em dietas para *M. nipponense*, por promover melhor crescimento, sobrevivência e eficiência alimentar. Os autores utilizaram como principal fonte proteica a farinha de peixe e a caseína, sendo que essa última variou de acordo com o nível de proteína da dieta, o que pode ter influenciado no desempenho final da espécie. De Freitas et al. (2016) sugerem 30% de proteína bruta na dieta da espécie ornamental *M. pantanalense*, pois otimiza a utilização desse nutriente, reduzindo o custo das rações.

Benítez-Mandujano e Ponce-Palafox (2014) reportaram em seu estudo que houve melhor crescimento, ganho de peso médio diário e taxa de crescimento específico para *M. carcinus* alimentados com dietas contendo 35%, 40% e 45% de proteína bruta e mesma quantidade de lipídeos. Nesse estudo os autores utilizaram a farinha de peixe como a principal fonte de proteína. Segundo Silva et al. (2020) os juvenis de *M. carcinus* possuem um grande conjunto de enzimas digestivas, elevada atividade de enzimas proteolíticas, além de menor relação amilase/protease, sugerindo que os juvenis dessa espécie podem apresentar uma necessidade maior de proteína na alimentação.

## Lipídeos

Basicamente os carboidratos e os lipídeos são utilizados como fonte de energia para o animal. A quantidade de lipídeos na alimentação está atribuída a necessidade por ácidos graxos essenciais, colesterol e fosfolipídeos que os camarões não sintetizam (KONG et al. 2019). Quando fornecidos em quantidades ideais, os ácidos graxos atuam no processo reprodutivo dos crustáceos, contribuindo com a maturação dos ovários e a fecundidade.

Segundo Sarman et al. (2018) a inexistência da enzima 3-hidroxi-3-metilglutaril-CoA redutase impede a síntese de colesterol

pelos camarões, tornando-se necessário o fornecimento desse nutriente nas rações. São recomendados níveis de 0,8% de fosfolipídeos e 0,075% de ácidos graxos poli-insaturados n-3 e n-6 nas dietas, pois contribuem para o aumento do ganho de peso e eficiência alimentar.

No estudo realizado por Zhang et al. (2017) a melhor taxa de crescimento para juvenis de camarão *M. nipponense* foi obtida nas dietas contendo até 140 g/kg de lipídeos. Guerra et al. (2019) reportaram maior produtividade, taxa de sobrevivência e biomassa final na dieta contendo 20% de inclusão do óleo de buriti na alimentação de juvenis de *M. amazonicum*. Goda (2008) em seu estudo obteve melhor sobrevivência, crescimento e ganho de peso nas dietas contendo 100 g/kg de lipídeos na alimentação das pós-larvas de *M. rosenbergii* e ainda salienta que níveis como esse é utilizado como fonte principal de energia por essa espécie, a fim de destinar a proteína para a fase de crescimento.

Benítez-Mandujano e Ponce-Palafox (2014) utilizaram como principal fonte lipídica o óleo de peixe em todas as dietas e obtiveram melhor crescimento e ganho de peso do camarão *M. carcinus* quando alimentados com as rações contendo 13% de lipídeos, em comparação com o menor percentual de lipídeos (8%). Segundo Silva et al. (2020) a presença de esterases lipolíticas em *M. carcinus* contribui para o funcionamento do metabolismo lipídico e homeostase energética, isso porque os ácidos graxos no formato de triacilglicerídeos são a fonte principal de energia desses crustáceos.

Muralisankar et al. (2014) reportaram em seu estudo que houve melhor sobrevivência, crescimento e constituintes bioquímicos ao utilizar dietas suplementadas com óleo de girassol na alimentação de pós-larvas de *M. rosenbergii*. Os autores recomendam o uso desse ingrediente em substituição ao óleo de fígado de bacalhau, por ser uma boa fonte lipídica dietética de baixo custo.

Hien et al. (2005) avaliaram o efeito do óleo de soja, óleo de lula e lecitina no desempenho de larvas de *M. rosenbergii*. Nas dietas contendo óleo de lula obteve-se maior comprimento corporal (7,14 a 7,43 mm) e sobrevivência (51 a 68%), enquanto as rações contendo óleo de soja apresentaram o menor comprimento corporal (6,29 a 6,75 mm) e sobrevivência (22 a 48%). As dietas suplementadas com lecitina não modificaram o peso corporal final, no entanto melhoraram as taxas de sobrevivência. Os camarões que foram alimentados com óleo de lula obtiveram maiores níveis de ácidos graxos n-3 comparado as outras dietas (óleo de soja e lecitina). Desta forma, os autores recomendam dietas suplementadas com 3% de óleo de lula e 1,5% de lecitina.

Kim et al. (2013) analisaram o efeito de diferentes óleos vegetais em substituição ao óleo de peixe e óleo de fígado de lula em dietas para juvenis de *M. rosenbergii*. Os camarões alimentados com óleo de canola e fígado de lula apresentaram maior taxa de

crescimento específico, enquanto a conversão alimentar foi melhor apenas na dieta com óleo de canola. Na composição corporal os autores registraram maior proporção de ácido graxo poli-insaturado de cadeia longa n-3/n-6 nas dietas contendo óleo de fígado de lula e óleo de linhaça, no entanto os níveis totais de ácido graxo poli-insaturado de cadeia longa foram mais elevados naqueles alimentados com óleo de peixe e óleo de fígado de lula.

O uso de novas fontes lipídicas pode ser considerado como uma nova alternativa para substituir o óleo de peixe nas rações, uma vez que os camarões do gênero *Macrobrachium* utilizam muito bem os lipídeos contidos nas rações para o seu desenvolvimento e reprodução, além de contribuir para a redução dos custos com a alimentação.

Portella et al. (2013) avaliaram a composição corporal de pós-larvas de *M. amazonicum* e *M. rosenbergii*, cultivados durante um período de 4 meses. Os autores registraram diferentes tipos de ácidos graxos na composição corporal, sendo que os mais predominantes foram: C<sub>16:0</sub> (ácido palmítico), C<sub>18:0</sub> (ácido esteárico), C<sub>16:2n-6</sub> (ácido linoleico), C<sub>20:4n-6</sub> (ácido araquidônico), C<sub>20:5n-3</sub> (ácido eicosapentaenóico) e C<sub>22:6n-3</sub> (ácido docosahexaenóico). Normalmente o ácido araquidônico é encontrado em lipídeos de peixes de água doce e camarões que habitam latitudes temperadas, com proporções que podem variar de 0,5:1 a 1:1.

## Carboidratos

Os carboidratos são importantes fontes primárias de energia para as células e o seu uso na alimentação auxilia na redução metabólica das proteínas e aminoácidos, além de tornarem a ração mais palatável para consumo. A quantidade de carboidratos que pode ser metabolizado de forma eficaz para obtenção de energia, está relacionada diretamente à capacidade de digestão dos camarões, em função da atividade enzimática localizada no trato digestivo. Além da fonte de energia, a importância desse nutriente também está atribuída ao armazenamento de energia no formato de glicogênio, na sintetização de quitina, ácidos graxos e esteroides (DING et al. 2016).

Segundo Mitra et al. (2005) o *M. rosenbergii* utiliza melhor os carboidratos como fonte de energia, pois apresenta a enzima amilase, que permite maior aproveitamento de polissacarídeos mais complexos, tais como: amido, dextrina e glucosamina, sendo que esse último auxilia nos processos de muda e conseqüentemente maior crescimento. Os níveis mais elevados de amilase associados ao *M. rosenbergii* podem estar relacionados ao hábito alimentar onívoro dessa espécie.

No estudo realizado por Benítez-Mandujano e Ponce-Palafox (2014), as rações contendo entre 20% a 30% de carboidratos apresentaram melhores resultados quanto ao crescimento e

ganho de peso do *M. carcinus*, estando associados aos maiores níveis de lipídeos (13%) e proteínas (35 a 45%) contidas nessas dietas.

Goda (2008) em seu estudo reportou melhores resultados para as dietas contendo 417 g/kg de carboidrato na alimentação do *M. rosenbergii*. Entretanto, Ding et al. (2016) atribuíram o melhor crescimento para as dietas contendo entre 50 a 150 g/kg de carboidratos na alimentação de juvenis de *M. nipponense* contendo níveis crescentes de amido de milho. Houve diminuição da atividade das enzimas digestivas amilase, tripsina e celulase com o aumento de amido de milho (350 g/kg) na ração.

No entanto, Kong et al. (2019) reportaram maior sobrevivência e melhor taxa de ganho de peso e, conseqüentemente, maior peso corporal final quando os juvenis de *M. nipponense* foram alimentados com dietas contendo 180 g/kg de amido de milho cru, amido de milho pré-gelatinizado, dextrina e maltose, quando comparado com as dietas contendo glicose e celulose. O *M. nipponense* utilizou melhor os polissacarídeos complexos (amido) na dieta do que os monossacarídeos (glicose). Sugere-se que a absorção da glicose ocorra de forma mais rápida nos camarões do que os carboidratos mais complexos. A glicose não absorvida, ou utilizada em excesso, pode ocasionar hiperglicemia prolongada, diminuição do crescimento e da atividade da enzima metabólica glicose-6-fosfato desidrogenase, dificultando a função dos leucócitos e com isso reduz a atividade respiratória nos crustáceos.

Anjos et al. (2021) avaliaram em seu estudo o efeito de três fontes de carboidratos (glicose, amido de milho e farinha de trigo) na alimentação de juvenis de *M. amazonicum*. Os melhores resultados para ganho de peso, ganho de peso diário, taxa de crescimento específico e eficiência alimentar foram obtidos para a dieta contendo 32,1% de amido de milho. No entanto, a maior sobrevivência foi obtida para a dieta contendo 32,1% de farinha de trigo.

A utilização de amido nas rações contribui para o melhor aproveitamento da energia contida na dieta, influenciando positivamente o crescimento dos camarões, além disso os carboidratos mais complexos podem apresentar efeito positivo sobre a imunidade e capacidade antioxidante. No entanto, ainda são necessários mais estudos, a fim de obter a relação ou quantidade ideal desses ingredientes nas rações.

## Energia / Proteína

Uma adequada relação energia/proteína permite melhor aproveitamento da proteína, pois o seu uso em excesso pode reduzir o crescimento e piorar a conversão alimentar do animal, sobrecarregando o metabolismo pelo catabolismo proteico para adquirir energia e ou excretar o acúmulo no ambiente na forma de nitrito e

amônia. O excesso de energia também pode resultar num desempenho zootécnico ruim, uma vez que pode haver um maior consumo energético pelo organismo até a saciedade, comprometendo a absorção dos demais nutrientes (PEZZATO et al. 2003).

Segundo Santos et al. (2017) a maior relação energia/proteína (18:1) encontrada na menor dieta com 20% de proteína bruta, propiciou maior deposição desse nutriente na carcaça, no entanto houve menor ganho de peso e crescimento para o *M. amazonicum*. Nesse tratamento não foi necessário gastar a proteína da dieta com as necessidades enérgicas, função que foi desempenhada pela elevada energia dietária. No entanto, o tratamento contendo 35% de proteína bruta e menor relação energia/proteína (10,28:1) foi suficiente para obter maior ganho de peso e crescimento, porém com menores concentrações desse nutriente na carcaça. Segundo os autores a ausência de maiores concentrações lipídicas permitiu a utilização de boa parte da proteína como fonte energética.

Zhang et al. (2017) recomendam uma relação proteína/energia de 16,49 mg/KJ de energia dietética na alimentação de juvenis de *M. nipponense*, por ser capaz de promover melhor crescimento, sobrevivência e taxa de conversão alimentar. Os autores salientam que essa espécie possui elevada necessidade energética com alta capacidade de utilização de lipídeos da dieta. Por outro lado, Goda (2008) recomenda uma relação proteína/energia de 17 mg/KJ para dietas de pós-larvas de *M. rosenbergii*. Segundo os autores essa relação estimula o crescimento e a eficácia da utilização dos nutrientes. Observou-se que para esse tratamento, havia uma maior quantidade de carboidratos e que juntamente com a porção lipídica empregada, pode ter contribuído para um melhor aproveitamento energético.

De acordo com os resultados apresentados pelos diferentes autores, presume-se que o melhor aproveitamento da proteína em dietas para camarões dulcícolas, podem apresentar relação direta com os níveis adequados de energia da dieta e que níveis de proteínas abaixo do ideal, fornecidos na dieta, podem comprometer o desenvolvimento dos camarões, assim como dietas com baixos níveis de energia podem inviabilizar o crescimento e assimilação dos nutrientes pelo o organismo.

### Minerais e vitaminas

Os minerais possuem importantes propriedades catalíticas e aqueles considerados solúveis (Ca, P, Na, K, Cl) estão associados à manutenção ácido-base e ao potencial de membrana. Nos fluidos extracelulares o sódio é o mais importante ion monovalente e contribui para a manutenção do equilíbrio ácido-base, regulação da pressão osmótica e absorção de carboidratos. Para os fluidos

intracelulares, o principal constituinte é o potássio, que atua na regulação osmótica e no equilíbrio ácido-base, além disso, atua na quebra da glicose e síntese de glicogênio e proteína (MURALISANKAR et al. 2014). O cálcio também é utilizado na composição do exoesqueleto dos crustáceos e em funções que correspondem a neurotransmissão, secreção hormonal e contração muscular.

Alvarado (2009) observou que ao final da larvicultura de *M. rosenbergii*, houve melhora significativa da sobrevivência e da quantidade de pós-larvas produzidas por litro, quando os camarões foram alimentados com rações contendo de 0,35 a 1,07% de cálcio total e 1,5% de fósforo total. O autor salienta que a inclusão de 1% de fósforo no formato de fosfato de sódio ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ) e 0,35% de cálcio proveniente da dieta são recomendados por melhorar o desempenho produtivo do camarão.

Muralisankar et al. (2014) não encontraram diferenças entre o óleo de peixe e os óleos vegetais quanto aos teores de  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$ . Os autores concluíram que a suplementação com os óleos vegetais não supriu a necessidade por minerais na alimentação, porém a sobrevivência e o crescimento das pós-larvas de *M. rosenbergii* não foram afetados. Concentrações entre 5 a 90 mM (concentração molar) de cloreto de cálcio ( $\text{CaCl}_2$ ) no hepatopâncreas de juvenis de *M. carcinus* não afetaram a atividade da enzima digestiva tripsina no estudo realizado por Silva et al. (2020). Segundo estes autores a tripsina age sobre os resíduos básicos de aminoácidos e a sua ausência pode acarretar dificuldades na digestão de proteínas. Neste caso recomenda-se o uso moderado de cálcio nas dietas para essa espécie.

No estudo realizado por Ballester et al. (2018) não houve diferenças entre as variáveis de desempenho zootécnico para as dietas com e sem suplementação mineral e vitamínica no cultivo de *M. rosenbergii* em sistema de bioflocos. Segundo os autores os flocos microbianos supriram as exigências por vitaminas e minerais dos camarões, não sendo necessária a suplementação desses nutrientes nas dietas.

Sampaio et al. (2004) recomendam o uso de até 200 mg de vitamina E/kg e 0,50 mg de selênio/kg de ração, em dietas para pós-larvas de *M. amazonicum*, a fim de obter melhor desempenho, por meio do ganho de peso e conversão alimentar aparente. Hari e Kurup (2002) avaliaram diferentes níveis de vitamina C (0, 50, 100, 150, 250 e 500 mg/kg) em dietas para juvenis de *M. rosenbergii*. Os resultados mostraram que as rações contendo 135 mg/kg de vitamina C torna-se necessária, a fim de se obter o crescimento normal e sobrevivência da espécie. Wang et al. 2005 verificaram que uma dose elevada de 4.000 mg/kg de vitamina C na dieta do camarão *M. nipponense* produziu uma melhor resposta celular que elevou a capacidade dessa espécie em resistir a elevados níveis de nitrogênio amoniacal. Kong et al.

(2017) registraram aumento da atividade antioxidante e diminuição do estresse causado pela amônia em juvenis de *M. nipponense* quando ofertadas rações contendo 66,06, 120,25 e 212,68 mg/kg de vitamina E na dieta.

As exigências nutricionais por vitaminas para camarões de água doce assemelham-se a de outros organismos aquáticos, pois esses nutrientes atuam como importantes catalisadores metabólicos. No entanto, ainda há dificuldades para determinar as quantidades ideais de vitaminas nas dietas para camarões devido a curta duração dos experimentos, que resultam em análises menos detalhadas da microflora intestinal das espécies. Ressalta-se também que muitas vitaminas possuem elevada solubilidade em água, dificultando o controle dos níveis dietéticos adequados, resultando em perdas consideráveis desse nutriente por lixiviação (D'ABRAMO; NEW 2010).

## ALIMENTAÇÃO E POTENCIAIS INGREDIENTES PARA PRODUÇÃO DE RAÇÕES

O Brasil possui ampla disponibilidade de alimentos de origem animal e vegetal, produzidos em território nacional e que resultam em subprodutos alternativos para elaboração de dietas para camarões que possam substituir parcialmente a farinha de peixe. Alguns ingredientes proteicos fabricados no país que são empregados nas dietas para camarões, ainda que de maneira experimental em determinados casos, são o farelo de soja e as farinhas: de peixe nacional, de sangue, de carne e ossos, de vísceras de frango e de penas hidrolisadas. Outras alternativas como o concentrado proteico de soja e o glúten de milho são mais recentes e promissoras (CARVALHO 2011).

Mohanty (2003) analisou o conteúdo estomacal do *M. rosenbergii* cultivado em policultivo com carpas indianas e carpas comuns em sistema de integração arroz-peixe. O autor notou a tendência de hábito alimentar onívoro dos camarões, que tiveram preferência por lama, detritos e bentos em relação ao zooplâncton e fitoplâncton. No entanto, o alimento suplementado constituído de farelo de arroz e torta de óleo de amendoim foi o componente com maior abundância no conteúdo intestinal (61,7%).

Rodrigues (2011) verificou em seu estudo que a espécie *M. amazonicum* possui preferência pelo alimento natural existente nos viveiros até o 4º mês de cultivo, depois desse período os animais priorizam o alimento alóctone. O autor sugere um manejo alimentar bifásico para a espécie, usando apenas fertilizantes químicos no início até atingir a biomassa em torno de 300 kg/ha. Logo após, recomenda-se a fertilização e o fornecimento de alimento alóctone para não prejudicar o crescimento dos animais.

Cruz (2020) verificou elevada frequência de detrito vegetal (restos de folhas, gravetos, sementes e raízes) nos estômagos

das espécies de *M. amazonicum* e *M. brasiliense*. Os indivíduos de *M. amazonicum* com maior tamanho (6,14 - 8,71 cm) se alimentaram mais de insetos e, em menores quantidades, de detritos vegetais, enquanto o *M. brasiliense* de maior tamanho (5,29 - 7,56 cm) apresentou uma alimentação mais equilibrada. Os resultados desse estudo apontam que as duas espécies possuem dieta onívora, sendo que para o *M. amazonicum* houve menor variação de itens. A autora sugere que a proporção e a composição dos itens podem variar bastante em função da disponibilidade e características do meio.

A análise do conteúdo estomacal realizado por Tenório (2012) em *M. carcinus*, mostrou que essa espécie possui preferência por alimentos de origem vegetal (macrófitas, algas filamentosas, iscas de coco e matéria orgânica vegetal) e alimentos de origem animal (camarões, moluscos gastrópodes e bivalves), o que caracteriza um hábito alimentar onívoro.

O hábito alimentar onívoro é frequentemente relatado por muitos autores em diferentes espécies de camarões de água doce, podendo ser considerado um fator positivo para o cultivo em cativeiro, pois a preferência por diversificados alimentos possibilita uma maior aceitação das dietas pelas espécies.

Montoya-Martínez et al. (2016) estimaram a similaridade do perfil de aminoácidos de 13 ingredientes com base na composição química corporal de quatro espécies do gênero *Macrobrachium*, e constataram que o ovo inteiro, artêmia e espirulina mostraram conter um perfil de aminoácidos mais próximo das exigências nutricionais das pós-larvas de *M. amazonicum*. Para o *M. rosenbergii*, o ovo inteiro, a espirulina e a artêmia atenderam as exigências de aminoácidos na fase larval, enquanto na fase de juvenil, a espirulina, o fermento e o farelo de soja apresentaram melhor qualidade. Nos juvenis de *M. americanum* houve similaridade dos aminoácidos desta espécie com as farinhas de peixe e de camarão. Para o *M. tenellum*, o farelo de soja apresentou menor perfil de aminoácidos essenciais com relação ao padrão muscular da espécie.

Santos et al. (2013) ao utilizarem a semente de linhaça como complemento da alimentação do *M. rosenbergii*, obtiveram aumento da deposição do ácido oleico (C<sub>18:1n-9</sub>) na carne do animal, além de obter melhor relação n-6/n-3. Também houve influência no aumento da deposição de proteína e massa corporal do camarão, além de melhorar a qualidade nutricional da carne, sem alterar os níveis de lipídeos totais e colesterol.

Truzzi (2019) obteve bons resultados quanto ao ganho de peso e comprimento, taxa de crescimento específico e sobrevivência para pós-larvas de *M. amazonicum*, alimentadas com biomassa algal de *Haematococcus pluvialis* em substituição total (100%) à farinha de peixe na dieta. Espécies de algas geralmente apresentam elevado conteúdo proteico e de aminoácidos,

**Tabela 1. Composição química dos ingredientes quanto a matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e energia bruta (EB).**

Ingrediente	Percentual (%)			KCal / Kg
	MS	PB	EE	
Farinha de peixe	94	59	6	3.940
Farinha de vísceras de frango.	95	55	12	5.033
Farinha de penas hidrolisadas	88	76	3	5.424
Farinha de <i>Tenebrio molitor</i> *.	94	47	28	6.160
Farinha de <i>Gromphadorhina portentosa</i> *	93	75	11	4.990

Fonte: Ferreira (2019).

\*Farinha de insetos.

podendo ser utilizadas na formulação de rações de baixo custo e elevado valor nutricional.

Cagol (2015) em seu estudo encontrou melhor ganho de peso, taxa de crescimento específico e taxa de eficiência proteica para pós-larvas de *M. amazonicum* alimentadas com dietas contendo uma proporção de 31(%) : 69(%) para a relação farelo de soja/ farinha de peixe. Percebeu-se que nesse estudo a proporção 31% de farelo de soja a 69% de farinha de peixe resultou em um melhor aproveitamento dos aminoácidos contidos nos ingredientes.

Ferreira (2019) analisou o coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca, proteína bruta e energia bruta dos diferentes ingredientes utilizados na dieta do *M. rosenbergii*. O maior valor do CDA obtido para proteína bruta e energia bruta foi o da farinha de peixe com 88,28% e 88,25%, respectivamente, seguido da farinha de penas hidrolisadas com 81,55% e 85,13%, respectivamente. Para a matéria seca os maiores CDA foram obtidos para a farinha de vísceras de frango (76,48%), seguido da farinha de penas hidrolisadas (73,82%). O ingrediente que apresentou maior percentual em proteína digestível foi a farinha de penas hidrolisadas (65%), seguido da farinha de peixe (55%). Para a energia digestível o ingrediente que apresentou maior percentual foi a farinha de *Tenebrio molitor* (4.983 kcal/kg), seguido da farinha de vísceras de frango (4.285 kcal/kg).

Na tabela 1 estão listados os valores da composição química dos ingredientes com base na matéria seca, segundo Ferreira (2019).

Ingredientes alternativos como o concentrado proteico de soja e o glúten de milho, assemelham-se a farinha de peixe quanto ao teor proteico e energético, portanto apresentam-se como uma ótima opção para a formulação de dietas para camarões, pois além dessas características, tratam-se de dois subprodutos de origem vegetal de baixo custo. Por outro lado, as farinhas de carne e ossos, vísceras de frango e penas hidrolisadas possibilitam o reaproveitamento de resíduos oriundos do processamento de aves e mamíferos e juntamente com a recém utilizada farinha de insetos, apresentam elevado teor proteico e energético.

**Tabela 2. Composição química de três ingredientes quanto a fibra bruta (FB), proteína bruta (PB), lipídeos totais (LT) e energia bruta (EB).**

Ingrediente	Percentual (%)			KCal / Kg
	FB	PB	LT	
Farinha de carne e ossos	1	43	10	4.432
Concentrado proteico de soja	4	61	1	4.791
Glúten de milho	0,6	66	7	5.968

Fonte: Carvalho (2011).

Na tabela 2 estão descritos a composição química de três ingredientes com base na matéria natural, segundo Carvalho (2011).

## MANEJO ALIMENTAR NA FASE LARVAL

Santos et al. (2007) avaliaram o efeito de quatro diferentes dietas na larvicultura de *M. carcinus*, cultivados durante 49 dias. Os autores constataram que a dieta formulada apresentou maior sobrevivência (14,83%) em comparação com as demais dietas (dieta formulada + biomassa de *Artemia* sp. adulta (7,57%), filé de peixe + biomassa de *Artemia* sp. adulta (7,4%) e filé de peixe (3,47%) apenas). A dieta formulada, utilizada pelos autores, apresentava em sua composição lula congelada (800 g), dois ovos de galinha, óleo de fígado de bacalhau (10 mL), complexo vitamínico (um drágea), sais minerais e alginato de sódio (5 g), cloreto de sódio (0,5 g), além de um litro de água salobra com salinidade de 12‰.

Entretanto, Araujo e Valenti (2017) reportaram em seu estudo que houve melhor sobrevivência e produtividade quando as larvas de *M. amazonicum* foram alimentadas com a combinação de náuplios de *Artemia* sp. (fornecido pela tarde às 17:00 h) e dieta inerte (fornecida pela manhã às 08:30 e 11:30 h) a partir do estágio de zoea II. As larvas que foram alimentadas somente com a dieta inerte, apresentaram a sobrevivência mais baixa, afetando o desenvolvimento e a metamorfose. A dieta inerte formulada pelos autores possuía elevado teor proteico (45%) e energético (4.989 kcal/kg de energia bruta), sendo composta por ovo de galinha (34%), peixe marinho (10%), mexilhão (10%), leite em pó (4%), farinha de trigo (2%), óleo de fígado de bacalhau (0,8%), suplemento vitamínico e mineral (1,4%) e água (37,8%).

Esses resultados são similares aos reportados por Rodrigues et al. (2017) que obtiveram melhor sobrevivência das larvas de *M. acanthurus* quando alimentadas com dieta inerte duas vezes pela manhã (08:00 h e 11:00 h) e náuplios de *Artemia* sp. (10 náuplios/ml) ao final da tarde (16:00 h) em comparação com as demais dietas (apenas *Artemia* sp. (5 náuplios/ml) ofertada duas vezes ao dia (08:00 h e 16:00 h) e a dieta inerte ofertada duas vezes pela manhã (08:00 h e 11:00 h) + náuplios de *Artemia* sp. (10 náuplios/

ml) ofertada às 09:30 h da manhã). Nesse estudo, para a elaboração das dietas inertes, os autores utilizaram o ovo de galinha homogeneizado (34%), filé de peixe (10%) e lula (10%) como fonte de proteína, a farinha de trigo (2%) e o leite em pó (4%) como fonte de carboidrato, o óleo de fígado de bacalhau (0,8%) como fonte lipídica, água (37,8%) e premix vitamínico e mineral (0,7%).

Desta forma, presume-se que as dietas formuladas e ofertadas juntamente com náuplios de *Artemia* sp., podem ser consideradas como uma boa alternativa para serem utilizadas durante a larvicultura de espécies do gênero *Macrobrachium*, por apresentar resultados promissores quanto a sobrevivência.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A nutrição dos camarões do gênero *Macrobrachium* está diretamente relacionada ao hábito alimentar das espécies, o qual possui forte tendência à onívoria. Essa característica alimentar tende a contribuir para a formulação de dietas com maior variabilidade de ingredientes, podendo atender às necessidades metabólicas desses animais de forma mais eficiente, resultando na redução dos custos de produção, além de obter maior produtividade. Nesse sentido, o Brasil apresenta um amplo e diversificado mercado produtor de grãos, que resultam em subprodutos agroindustriais com elevado valor nutricional e que podem ser empregados na formulação de dietas para os camarões dulcícolas. Outra característica importante para o desenvolvimento da carcinicultura de água doce no país, é a disponibilidade de espécies nativas com grande potencial para o cultivo em cativeiro.

A composição química aproximada das dietas para camarões juvenis desse gênero varia entre 30 a 40% de proteína bruta, 3.296 a 4.933 kcal/kg de energia bruta, 25 a 42% de carboidratos e 6 a 20% de lipídeos. Desta forma, sugere-se a formulação de dietas que contenham no mínimo 10% de inclusão da farinha de peixe nas rações e que a inclusão da farinha de carne e ossos, a farinha de subprodutos de aves, farelo de soja, amido de milho cru/pré-gelatinizado e dextrina não ultrapassem 20% de inclusão nas rações, sendo recomendado uma relação de 2:1 para a inclusão de óleo de peixe/óleo de fígado de lula, óleo de fígado de lula/óleo de canola e óleo de fígado de lula/óleo de linhaça. O uso da biomassa algal de *H. pluvialis*, farinha de linhaça, concentrado proteico de soja, farinha de insetos e o óleo de buriti podem ser considerados como uma alternativa viável para a formulação de dietas para camarões de água doce, por esse motivo recomenda-se a inclusão de até 20% desses ingredientes nas dietas.

A qualidade nutricional do alimento é um fator que além de influenciar o desempenho zootécnico dos camarões, reflete também na composição nutricional da carne, uma vez que a atividade

enzimática presente no trato digestivo desses crustáceos é influenciada pela composição nutricional do ingrediente utilizado nas rações. São animais que possuem grande quantidade de enzimas metabólicas e digestivas que contribuem para uma melhor absorção dos nutrientes. No entanto, ainda são necessários, dar continuidade a realização de estudos, utilizando ingredientes alternativos que relacionem a interação entre os nutrientes presentes nos alimentos e a atividade enzimática presente no trato digestivo, a fim de se obter informações complementares que possam melhorar a assimilação dos nutrientes pelo organismo e, conseqüentemente, o desempenho do animal, tendo em vista que a ração é o insumo mais caro utilizado durante o processo produtivo.

## REFERÊNCIAS

- ALVARADO, C. E. G. Níveis de cálcio, fósforo, lipídeo e proteína na dieta inerte do camarão da malásia *Macrobrachium rosenbergii*, na fase larval. Tese. 2009.
- ANDERSON, J.L.; VALDERRAMA, D. Revisão e previsão da produção global de camarão: crescimento estável à frente. *Revista da ABCC*, 21(1): 28-32, 2019.
- ANJOS, R. Q.; SILVA, T. N.; ARAUJO, M. C. Dietas elaboradas com diferentes fontes de carboidratos para o camarão-da-Amazônia. In: GALATI, R. L.; QUEIROZ, M. F. S. *Inovações na nutrição animal: desafios da produção de qualidade*. 1ed. Guarujá – SP: Editora científica, 2021.
- ARAUJO, M. C.; VALENTI, W. C. Effects of feeding strategy on larval development of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum*. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 46(2): 85-90, 2017.
- BALLESTER, E. L. C.; MAURENTE, L. P. B.; HELDT, A.; DUTRA, F. M. Vitamin and mineral supplementation for *Macrobrachium rosenbergii* in biofloc system. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 46(4): 855-859, 2018.
- BENÍTEZ-MANDUJANO, M.; PONCE-PALAFIX, J. T. Effects of different dietary of protein and lipid levels on the growth of freshwater prawns (*Macrobrachium carcinus*) broodstock. *Revista MVZ Córdoba*, 19(1): 3921-3929, 2014.
- BROWN, J. H.; NEW, M. B.; ISMAEL, D. Biology. In: NEW, M. B.; VALENTI, W. C.; TIDWELL, J. H.; D'ABRAMO, L.R.; KUTTY, M. N. *Freshwater prawns: Biology and farming*. 1ed. United Kingdom: Wiley-Blackwell, Chichester, West Sussex, 2010.
- CAGOL, L. *Substituição da farinha de peixe pelo farelo de soja em dietas práticas para juvenis de camarão-da-amazônia* *Macrobrachium amazonicum*. Dissertação. 2015.
- CARVALHO, R. A. P. L. F. *Desenvolvimento de um sistema de recirculação para estudos de digestibilidade em condições de alto*

desempenho para camarões marinhos: avaliação de ingredientes proteicos alternativos à farinha de peixe em diferentes níveis de inclusão à dietas para juvenis de *Litopenaeus vannamei*. Tese. 2011.

CRUZ, B. R. F. *Dieta natural de espécies do gênero Macrobrachium (Crustacea, Decapoda) com ocorrência no Cerrado*. Dissertação. 2020.

D'ABRAMO, L. R.; NEW, M. B. *Nutrition, feeds and feeding*. In: NEW, M. B.; VALENTI, W. C.; TIDWELL, J. H.; D'ABRAMO, L. R.; KUTTY, M. N. *Freshwater prawns: Biology and farming*. 1ed. United Kingdom: Wiley-Blackwell, 2010.

DE FREITAS, E.; PASSOS, F.; HAYD, L. Diferentes níveis proteicos no crescimento de juvenis de *Macrobrachium pantanalense*. *Archivos de Zootecnia*, 65(249): 43-49, 2016.

DE GRAVE, S.; FRANSEN, C. H. J. M. Carideorum catalogus: the recent species of the Dendrobranchiate, Stenopodidean, Procarididean and Caridean shrimps. *Zoologische Mededelingen Leiden*, 85(9): 195-589, 2011.

DING, Z. L.; KONG, Y. Q.; LI, J. F.; CAO, F.; ZHANG, Y. X.; DU, Z. Y.; YE, J. Y. Growth and metabolic responses of juvenile *Macrobrachium nipponense* to different dietary carbohydrate levels. *Aquaculture Nutrition*, 1-9, 2016.

FERREIRA, R. L. *Coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes e energia de alimentos para Macrobrachium rosenbergii*. Dissertação. 2019.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020: Sustainability in action*. Rome: FAO, 2020.

FRANCESCHINI-VICENTINI, I. B.; RIBEIRO, K.; PAPA, L. P.; MARQUES J, J.; VICENTINI, C. A.; MORAES-VALENTI, P. M. C. Histoarchitectural features of the hepatopancreas of the Amazon river prawn *Macrobrachium amazonicum*. *International Journal of Morphology*, 27(1): 121-8, 2009.

GODA, A. M. A. Effect of dietary protein and lipid levels and protein-energy ratio on growth indices, feed utilization and body composition of freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (de Man 1879) post larvae. *Aquaculture Research*, 39: 891-901, 2008.

GUERRA, J. A.; NUNES, C. A. R.; LIMA, J. A.; SOUSA, G. R.; FREITAS, I. S.; CARVALHO, L. S.; GAMA, R. S.; LIMA, R. P.; AMORIM, T. S. Óleo de buriti (*Mauritia flexuosa*) na alimentação do camarão *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862). *Revista Brasileira de Engenharia de Pesca*, 12(1): 10-16, 2019.

HARI, B.; KURUP, B. M. Vitamin C (ascorbyl 2 polyphosphate) requirement of freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). *Asian Fisheries Science*, 15: 145-154, 2002.

HIEN, T. T. T.; HAI, T. N.; PHUONG, N. T.; Y. OGATA, H.; N. WILDER, M. The effects of dietary lipid sources and lecithin on the production of giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*

larvae in the Mekong Delta region of Vietnam. *Fisheries Science*, 71: 279-286, 2005.

KIM, Y.; ROMANO, N.; LEE, K.; TEOH, C.; NG, W. Effects of replacing dietary fish oil and squid liver oil with vegetable oils on the growth, tissue fatty acid profile and total carotenoids of the giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture Research*, 44: 1731-1740, 2013.

KONG, Y.; DING, Z.; ZHANG, Y.; ZHOUB, P.; WUB, C.; ZHUB, M.; YEA, J. Types of carbohydrate in feed affect the growth performance, antioxidante capacity, immunity, and activity of digestive and carbohydrate metabolism enzymes in juvenile *Macrobrachium nipponense*. *Aquaculture*, 512: 1-7, 2019.

KONG, Y.; ZHILI, D.; YIXIANG, Z.; NA, L.; JINYUN, Y. Effects of dietary vitamin E on growth performance, antioxidante ability and resistance to ammonia nitrogen stress of *Macrobrachium nipponense*. *Chinese Association of Animal Science and Veterinary Medicine*, 29(8): 2893-2905, 2017.

KUTTY, M. N.; VALENTI, W. C. *Culture of other freshwater prawn species*. In: NEW, M. B.; VALENTI, W. C.; TIDWELL, J. H.; D'ABRAMO, L. R.; KUTTY, M. N. *Freshwater prawns: Biology and farming*. 1ed. United Kingdom: Wiley-Blackwell, Chichester, West Sussex, 2010.

LIMA, J. F.; GARCIA, J. S.; TAVARES, M. Fore gut morphology of *Macrobrachium carcinus* (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). *Acta Amazonica*, 46(2): 209-217, 2016.

MITRA, G.; MUKHOPADHYAY, P. K.; CHATTOPADHYAY, D. N. Nutrition and feeding in freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) farming. *Aquafeed Formulation and Beyond*, 2: 17-19, 2005.

MOHANTY, R. K. Feed intake pattern and growth performance of Indian major carps, common carp and freshwater prawn in a rice-fish integration system. *Asian Fisheries Science*, 16: 307-16, 2003.

MONTOYA-MARTÍNEZ, C.; NOLASCO-SORIA, H.; CARRILLO-FARNÉS, O.; CIVERA-CERECEDO, R.; ÁLVAREZ-GONZÁLEZ, C.; VEGA-VILLASANTE, F. Chemical score of different protein sources to four *Macrobrachium* species. *Latin American Journal Aquatic Research*, 44(4): 835-844, 2016.

MORAES-VALENTI, P.; VALENTI, W. C. *Culture of the Amazon River Prawn Macrobrachium amazonicum*. In: NEW, M. B.; VALENTI, W.; TIDWELL, J. H.; D'ABRAMO, L. R.; KUTTY, M. N. *Freshwater prawns: Biology and farming*. 1 ed. United Kingdom: Wiley-Blackwell, 2009.

MURALISANKAR, T.; SARAVANA BHAVAN, P.; RADHAKRISHNAN, S.; SEENIVASAN, C.; MANICKAM, N.; SHANTHI, R. Effects of dietary supplementation of fish and vegetable oils on the growth performance and muscle compositions of the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *The Journal of*

*Basic & Applied Zoology*, 67(2): 34-39, 2014.

PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; SAMPAIO, F. G.; FALCON, D. R.; GONÇALVES, G. S.; HISANO, H. (2003). Relação energia:proteína dietária para pós-larvas de *Macrobrachium amazonicum* (Crustacea, Decapoda). *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 25(2): 235-241, 2003.

PICOLO, J. M. *Estrutura funcional do hepatopâncreas no processo digestivo em Macrobrachium amazonicum*. Dissertação. 2013.

PILEGGI, L. G.; MANTELATTO, F. L. Taxonomic revision of doubtful Brazilian freshwater shrimp species of genus *Macrobrachium* (Decapoda, Palaemonidae). *Iheringia, Sér. Zoo.* 102(4): 426-437, 2012.

PORTELLA, C. G.; SANT'ANA, L. S.; VALENTI, W. C. Chemical composition and fatty acid content in cultured freshwater prawns. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 48(8): 1115-1118, 2013.

RODRIGUES, M. M. *Efeito da alimentação e densidade de estocagem no desempenho zootécnico e perfil celular do hepatopâncreas do camarão-da amazônia Macrobrachium amazonicum (Heller, 1862) (CRUSTACEA, PALAEMONIDAE)*. Dissertação. 2011.

RODRIGUES, R. A.; VETORELLI, M. P.; ARAÚJO, P. F. R. Regime alimentar na larvicultura de *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836) em sistema aberto. *Revista Brasileira de Engenharia de Pesca*, 10(1): 17-30, 2017.

RUIZ, T. F. R. R.; VIDAL, M. R.; RIBEIRO, K.; VICENTINI, C. A.; VICENTINI, I. B. F. Histology of the hepatopancreas and anterior intestine in the freshwater prawn *Macrobrachium carcinus* (Crustacea, Decapoda). *Nauplius*, 28: 1-12, 2020.

SAMPAIO, F. G.; KLEEMANN, G. K.; SÁ, M. V. C; PEREIRA, A. S.; BARROS, M. M.; PEZZATO, L. E. Níveis de vitamina E e de selênio para pós-larvas de *Macrobrachium amazonicum*. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 26(1): 129-135, 2004.

SANTOS, E. P.; LEAL, A. L. G.; SILVA, P. M. M.; CORREIA, E. S. Influência de diferentes dietas na sobrevivência larval do camarão de água doce *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758). *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 29(2): 121-124, 2007.

SANTOS, F. L.; AZEREDO, V. B.; ANDRADE, C. T.; MARQUES, I. P.; ROMEIRO, G. A.; ARAÚJO, K. G. L. Efeito da adição de farinha de linhaça à dieta sobre a concentração de colesterol e ácidos graxos em camarões. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 65(3): 909-917, 2013.

SANTOS, F. M. S.; RIBEIRO, K.; JÚNIOR, A. C. V. F.; JÚNIOR, L. B. C.; VALENTI, W. C.; BEZERRA, R. S. Digestive proteases from wild and farmed male morphotypes of the amazon river prawn (*Macrobrachium amazonicum*). *Journal of Crustacean Biology*, 34(2): 189-198, 2014.

SANTOS, L. D.; CAGOL, L.; HELDT, A.; CAMPAGNOLO, R.;

BALLESTER, E. L. C. Níveis crescentes de proteína bruta em dietas práticas para camarão-da-Amazônia. *Boletim do Instituto de Pesca*, 43(3): 417 – 425, 2017.

SARMAN, V.; VISHAL, R.; MAHAVADIYA, D.; SAPRA, D. Nutritional aspect for freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) farming. *International Journal of Fauna and Biological Studies*, 5(2): 172-175, 2018.

SILVA, M. A. S.; NETO, M. E. A.; RAMIRO, B. O.; SANTOS, I. T. F.; GUERRA, R. R. Histomorphologic characterization of the hepatopancreas of freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879). *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 70(5): 1539-1546, 2018.

SILVA, M. A.; RAFAEL, R. E. Q.; CAHÚ, T. B.; SILVA, J. F.; RIBEIRO, K.; FRANÇA, R. C. P.; OLIVEIRA, V. M.; ASSIS, C. R. D.; CAVALLI, R. O.; BEZERRA, R. S.; SANTOS, J. F. Digestive enzymes profile of the midgut gland of juvenile painted river prawn (*Macrobrachium carcinus*). *Aquaculture Reports*, 18: 100507, 2020.

TENÓRIO, K. E. R. *Avaliação da estrutura genética e populacional do camarão de água doce em extinção, pítu (Macrobrachium carcinus), no Nordeste como ferramenta para apoiar programas de repovoamento*. Dissertação. 2012.

TRUZZI, B. S. *Otimização do cultivo da microalga Haematococcus pluvialis em sistema mixotrófico e potencial uso na alimentação do camarão Macrobrachium amazonicum*. Tese. 2019.

VIEIRA, C. C. F. *Coefficientes de digestibilidade aparente da proteína e de aminoácidos de ingredientes de origem animal e vegetal utilizados em dietas para o camarão Litopenaeus vannamei*. Dissertação. 2015.

WANG, W. N.; WANG, A. L.; WANG, Y.; WANG, J.; SUN, R. Y. Effect of dietary vitamin C and ammonia concentration on the cellular defense response of *Macrobrachium nipponense*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 36: 1-7, 2005.

ZHANG, N. N.; MA, Q. Q.; FAN, W. J.; XING, Q.; ZHAO, Y. L.; CHEN, L. Q.; YE, J. Y.; ZHANG, M. L.; DU, Z. Y. Effects of the dietary protein to energy ratio on growth, feed utilization and body composition in *Macrobrachium nipponense*. *Aquaculture Nutrition*, 23(2): 313–321. 2017.