



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE ESTUDOS COSTEIROS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE PESCA

MARIA CAMILLE REIS DA SILVA

**POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DE FIBRAS DIETÉTICAS POR
MACROBRACHIUM AMAZONICUM (HELLER, 1862)**

BRAGANÇA
2026



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE ESTUDOS COSTEIROS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE PESCA

MARIA CAMILLE REIS DA SILVA

POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DE FIBRAS DIETÉTICAS POR
MACROBRACHIUM AMAZONICUM (HELLER, 1862)

Trabalho de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia de Pesca, do Instituto de Estudos Costeiros, da Universidade Federal do Pará, como requisito para a obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia de Pesca.

Orientadora: Prof. Dr. Lorena Batista de Moura

UFPA/IECOS - Campus de Bragança

BRAGANÇA
2026



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE ESTUDOS COSTEIROS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE PESCA

MARIA CAMILLE REIS DA SILVA

**POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DE FIBRAS DIETÉTICAS POR
MACROBRACHIUM AMAZONICUM (HELLER, 1862)**

Trabalho julgado para obtenção do grau de Engenheiro de Pesca do Curso de Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Pará, *Campus* de Bragança.

DATA DE AVALIAÇÃO: 10/07/2026

CONCEITO: E

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Lorena Batista de Moura
FEPESCA/IECOS/UFPA - Orientadora

Membro da comissão de avaliação
Cleide Barbosa Marques de Sousa
FEPESCA/IECOS/UFPA – Membro titular

Membro da Comissão de avaliação
Luciano Domingues Queiroz
IFPA/Campus Tucuruí – Membro titular

BRAGANÇA
2026

Sumário

SUMÁRIO

1. Introdução	5
2. Referencial Teórico	6
2.1 <i>Macrobrachium amazonicum</i>	6
2.2 Nutrição de organismos aquáticos	12
2.2.1 Digestibilidade dos Nutrientes	12
2.2.2 Nutrigenômica e sua contribuição para a ciência da nutrição.....	13
2.3 Aplicação do conceito de economia circular na aquicultura amazônica	14
2.3.1 Ingredientes regionais fibrosos de origem animal	14
Farinha de larva de <i>Tenébrio molitor</i>	15
Farinha do resíduo do processamento do caranguejo Uçá.....	16
Uso do fungo <i>Aspergillus oryzae</i> na fermentação de ingredientes para a nutrição de organismos aquáticos.....	18
2.3.2 Ingredientes regionais fibrosos de origem vegetal	19
Torta de Dendê.....	20
Torta de Goiaba.....	20
3. Objetivos	21
3.1 Objetivo Geral	21
3.2 Objetivos Específicos	21

4. Material e Métodos	21
4.1 Experimento 1	22
Camarões e Delineamento Experimental.....	23
Condições Experimentais.....	24
Coeficiente de Digestibilidade Aparente.....	24
Análises Estatísticas.....	25
4.2 Experimento 2	25
Camarões e Delineamento Experimental.....	26
Condições Experimentais.....	27
Coeficiente de Digestibilidade Aparente.....	28
Análises Estatísticas.....	29
5. Resultados	29
6. Discussão	31
7. Conclusão	33
8. Referências Bibliográficas	34

1 INTRODUÇÃO

O camarão-da-amazônia (*Macrobrachium amazonicum*) é um decápode de água doce de grande importância econômica para a América do Sul, sendo amplamente explorado por povos indígenas e pela pesca artesanal nas regiões Norte e Nordeste do Brasil (Moraes-Rioldades e Valenti, 2001). Além disso, essa espécie também apresenta alto potencial para a aquicultura (Kutty, 2005; New, 2005). Sua carne possui textura firme e sabor intenso, o que a torna altamente aceita pelos consumidores no Brasil (Moraes-Rioldades & Valenti, 2001). Ademais, o camarão-da-amazônia é caracterizado por taxas de crescimento favoráveis para produção em altas densidades de estocagem (~80 camarões/m²), além de apresentar resistência a doenças e um curto ciclo de desenvolvimento larval (Moraes-Valenti e Valenti, 2007; De Almeida Marques e Moraes-Valenti, 2012).

Diversos aspectos relacionados à produção de *M. amazonicum* já foram investigados, tanto em monocultivo (Moraes-Valenti e Valenti, 2007; Maciel e Valenti, 2009; Preto et al., 2010) quanto em sistemas integrados de cultivo (Dantas et al., 2020; Franchini et al., 2020; Guerreiro et al., 2024; David et al., 2021; Lima, Miranda Filho, 2024; Barros, 2025). No entanto, estudos que abordam aspectos nutricionais que sustentem o desenvolvimento da aquicultura ainda são escassos. A avaliação de ingredientes com potencial para compor dietas aquícolas é uma etapa crucial no desenvolvimento de um protocolo de manejo nutricional que melhore o desempenho dos animais e garanta uma produção economicamente viável. Nesse contexto, a determinação do valor digestível dos nutrientes de qualquer ingrediente se torna obrigatória para permitir a formulação de uma dieta mais eficiente, incluindo subprodutos vegetais, resíduos orgânicos e fontes proteicas de menor custo, sem comprometer significativamente o crescimento.

O *M. amazonicum* foi descrito como onívoro com base em estudos do conteúdo estomacal de indivíduos selvagens (Odinetz-Collart, 1988; Mulati, 2017; Cruz, 2020). Além disso, estudos recentes que visaram obter transcritos de genes putativos que codificam enzimas digestivas, a partir do hepatopâncreas do *M. amazonicum*, identificaram fragmentos de nove genes relacionados à digestão de amido, quitina e celulose (Rocha et al., 2021). Considerando que os custos das dietas geralmente são reduzidos pelo aumento do teor de carboidratos, visando poupar o uso de fontes proteicas mais caras, essas informações podem fornecer importantes insights para a seleção de ingredientes mais adequados ao repertório enzimático de *M. amazonicum* (Rocha et al., 2022).

A região norte do Pará abrange pelo menos 14 reservas extrativistas marinhas (RESEX), nas quais a economia local é impulsionada pela pesca, pela captura do caranguejo-uçá e pela extração de óleos de coco e/ou sementes de frutos, como goiaba e dendê. O processamento dessas matérias-primas gera toneladas de resíduos orgânicos (Correa et al., 2019). Esses resíduos podem ser reutilizados como ingredientes na alimentação animal, garantindo uma fonte alternativa e trazendo vantagens econômicas e sociais para as comunidades, permitindo a manutenção de seu modo de vida ao propor o aproveitamento desses resíduos, em consonância com os princípios da economia circular (Maia et al., 2022; Oliveira et al., 2021).

Nesse contexto, as sementes de goiaba (*Psidium guajava*) são uma rica fonte de óleo e fibra (Kobori e Jorge, 2005). Análises físico-químicas demonstram seu potencial nutricional, incluindo níveis significativos de compostos bioativos (Jassal et al., 2021; Kapoor et al., 2023). O tenébrio (*Tenebrio molitor*) é um potencial candidato à substituição da farinha de peixe em rações aquícolas (Iaconisi et al., 2017). As larvas e pupas de *T. molitor* apresentam considerável teor de proteínas e lipídios (Ghaly e Alkoaik, 2009), embora sejam conhecidas deficiências em alguns aminoácidos e ácidos graxos. O caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*) é o crustáceo mais importante que habita os manguezais da costa brasileira (Do Vale et al., 2021). Ele representa uma importante fonte de renda comercial para comunidades tradicionais, como as da reserva extrativista Caeté-Taperaçú, porém seu processamento industrial gera uma quantidade significativa de resíduos sólidos (carapaças, vísceras e carne residual) que são frequentemente descartados de forma inadequada, causando impactos ambientais e de saúde pública. Por fim, a produção de óleo de palma tem ganhado destaque recente, tornando o estado do Pará o maior produtor nacional em 2020 (IBGE, 2020). Entretanto, o processamento do óleo de palma gera diversos subprodutos, como fibras, cascas, amêndoas e tortas (Marçal, 2015).

Todos esses resíduos, juntamente com as larvas de *T. molitor*, são ricos em lipídios e fibras, incluindo celulose e quitina, reconhecidos como nutrientes importantes devido à sua alta disponibilidade e baixo custo (D'Abramo e Sheen, 1994). Por outro lado, a capacidade da espécie em utilizar fibras de origem vegetal e/ou animal ainda não é conhecida. Assim, a avaliação do potencial de *M. amazonicum* em utilizar fibra alimentar torna-se uma tarefa essencial, especialmente após as evidências moleculares registradas por Rocha et al. (2022). Nesse contexto, o reaproveitamento de resíduos da produção de óleo de palma e de sementes de goiaba, juntamente com resíduos de caranguejo-uçá e larvas de *T. molitor*, pode promover uma aquicultura baseada na economia circular, além de ajudar a mitigar a poluição ambiental.

Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo validar achados moleculares por meio de ensaios de digestibilidade *in vivo*, a fim de elucidar a real contribuição dos nutrientes fibrosos na nutrição de crustáceos. Adicionalmente, busca-se determinar os coeficientes de digestibilidade aparente (CDAs) dos nutrientes dos ingredientes avaliados, incluindo resíduo do processamento de goiaba (torta de goiaba), torta de dendê, biomassa de caranguejo *in natura* e fermentada, e larvas de *Tenebrio molitor in natura* e fermentadas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 *Macrobrachium amazonicum*

O grupo dos crustáceos decápodes é um dos mais diversos do reino animal, com mais de 65 mil espécies descritas (BRUSCA e BRUSCA, 2018). Contido neste subfiló, encontra-se a família Palaemonidae (RAFINESQUE, 1815), grupo de indivíduos conhecidos popularmente como camarões, com elevada importância econômica. Inserido na família Palaemonidae, o gênero *Macrobrachium*, tem mais de 240 espécies descritas, representando 98% dos camarões de água doce

do mundo (DE GRAVE e FRANSEN, 2011; DE GRAVE et al., 2015).

O gênero *Macrobrachium* apresenta ampla distribuição, estando presente em regiões tropicais e subtropicais, tanto em água doce quanto em ambientes estuarinos e marinhos (HOLTHUIS, 1950; COELHO e RAMOS-PORTO, 1985). No Brasil, são registradas 18 espécies deste gênero vivendo de forma nativa (MELO, 2003; DOS SANTOS et al., 2013; ROSSI et al., 2020), das quais três apresentam importância econômica e potencial para cultivo: *Macrobrachium acanthurus* (WIEGMANN, 1836), *M. carcinus* (LINNAEUS, 1758) e *M. amazonicum* (HELLER, 1862).

Macrobrachium amazonicum é amplamente distribuído na América do Sul, estando presente em ambientes continentais e costeiros (HOLTHUIS, 1952; MACIEL e VALENTI, 2009) (**Figura 01**). Os únicos países desse continente que a espécie não ocorre são: Uruguai, Chile e Equador. Na Amazônia, a espécie é especialmente abundante, chegando a representar cerca de 80% da macrofauna de crustáceos das áreas de várzea (ODINETZ-COLLART e MOREIRA, 1993). Além disso, possui elevado papel social, sendo utilizado como um recurso de subsistência e fonte de renda de milhares de famílias que atuam na pesca artesanal nos estados do Pará e Amapá (ODINETZ-COLLART e MOREIRA, 1993; NEW et al., 2000; MACIEL e VALENTI, 2009; MARQUES et al., 2020).



Figura 01. Distribuição do *Macrobrachium amazonicum* na América do Sul, evidenciando os pontos de ocorrência nas regiões onde a espécie está presente. Equador, Chile e Uruguai são destacados pela ausência de registros. Pontos de ocorrência foram coletados na base de dados do GBIF (<https://www.gbif.org/>), acessado em 01/12/2023. Autoria: Kelvin M. B. Lacerda.

As principais características da espécie são (Figura 02): rostró longo e delgado, com a extremidade curvada para cima, chegando a ultrapassar o escafoquerito; a superfície superior é ornamentada com 9 a 12 dentes dispostos irregularmente, dos quais os primeiros sete formam uma crista basal sobre a órbita; a margem ventral possui de 8 a 10 dentes. O télson possui dois pares de espinhos na margem posterior, em que o par interno não ultrapassa a extremidade da estrutura. O segundo par de pereópodes é relativamente longo, com o carpo estendendo-se além do escafoquerito. Os dácilios têm $\frac{3}{4}$ do comprimento das quelas e são cobertos por uma espessa camada de cerdas. As quelas são alongadas e revestidas com espínulos amplamente espaçados. Quanto ao tamanho, os machos podem alcançar 150 mm e as fêmeas 110 mm, chegando a ser transparentes e quase sem coloração (HOLTHUIS, 1952; MELO, 2003; MACIEL e VALENTI, 2009). A presença dos espinhos e o tamanho dos espinhos do segundo par de pereópodo, assim como a coloração pode variar nos machos maduros devido a presença de morfotipos (MORAES-RIODADES e VALENTI, 2004).

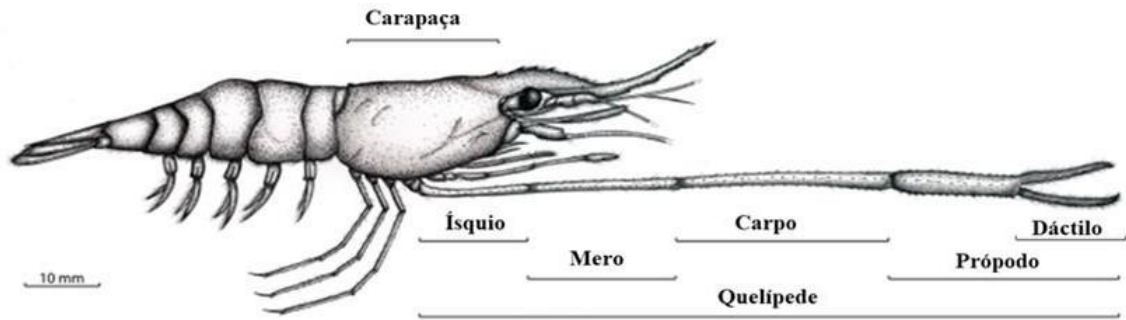


Figura 02. Principais características morfológicas utilizadas para identificação da espécie *M. amazonicum*. Fonte: Pantaleão, Hirose e Costa., 2014.

A reprodução do camarão-da-amazônia é contínua, apresentando maior frequência de desovas nos períodos chuvosos, especificamente nas enchentes dos corpos d'água de várzea da Amazônia (ODINETZ-COLLART, 1993; BENTES et al., 2011). As fêmeas possuem alta variabilidade na taxa de fecundidade, com oviposição variando de 289 a mais de 3.000 ovos (MAGALHÃES, 1985; DA SILVA, 2004). A maior fertilidade é registrada em animais mais próximos da costa, acompanhado da presença dos maiores indivíduos, caracterizando-se assim como a população que possui maior potencial zootécnico (MACIEL e VALENTI, 2009).

O cultivo de *M. amazonicum* é dividido em três etapas: larvicultura, berçário e crescimento final (MORAES-VALENTI e VALENTI, 2010) (Figura 03). A larvicultura é realizada em sistema intensivo, com água salobra, com salinidade variando entre 10 e 16 ppt, com duração de aproximadamente 18 dias (VETORELLI, 2004). O berçário dura cerca de 20 dias, com as pós-larvas (PL) sendo cultivadas em tanques redes ou de alvenaria já em água doce (DE ALMEIDA MARQUES, 2010). Na última etapa de cultivo, também chamada de engorda ou crescimento final, os camarões juvenis são transferidos para viveiros com fundo de terra ou lonado, onde permanecem até atingir o tamanho comercial (MORAES-VALENTI e VALENTI, 2010).



Figura 03. Etapas de cultivo de *M. amazonicum*, sendo elas larvicultura (A), berçário (B) e crescimento final ou engorda (C). Fonte: Penteado 2012 (imagem b).

A espécie apresenta crescimento heterogêneo devido a presença de morfotipos em machos sexualmente maduros (MORAES-RIODADES e VALENTI, 2004). Inicialmente os morfotipos foram identificados em ambientes de cativeiro, e foram caracterizados em quatro grupos distintos: *Translucent Claw* (TC), *Cinnamon Claw* (CC), *Green Claw 1* (GC1) e *Green Claw 2* (GC2) (Figura 04). Essa nomenclatura se refere a coloração das quelas e a sua espinação. Os camarões do morfotipo TC apresentam quelípedes translúcidos desprovidos de espinhos, apresentando apenas pequenos tubérculos, enquanto que CC são geralmente cor de canela, capazes de apresentar pequenos espinhos translúcidos (MORAES-RIODADES e VALENTI, 2004). As classes GC1 e GC2 por sua vez, possuem tamanho corporal superior em relação aos outros morfotipos, têm longos quelípedes verde-musgo adornados com longos e robustos espinhos, sendo caracterizados como machos dominantes. Os morfotipos TC e CC, são menores, apresentam maior frequência quando o cultivo acontece em alta densidade, o que ocasiona uma grande heterogeneidade em relação ao tamanho e peso dos animais, levando a um dos maiores empecilhos para a otimização do cultivo comercial do *M. amazonicum*. (MORAES-VALENTI e VALENTI, 2007)

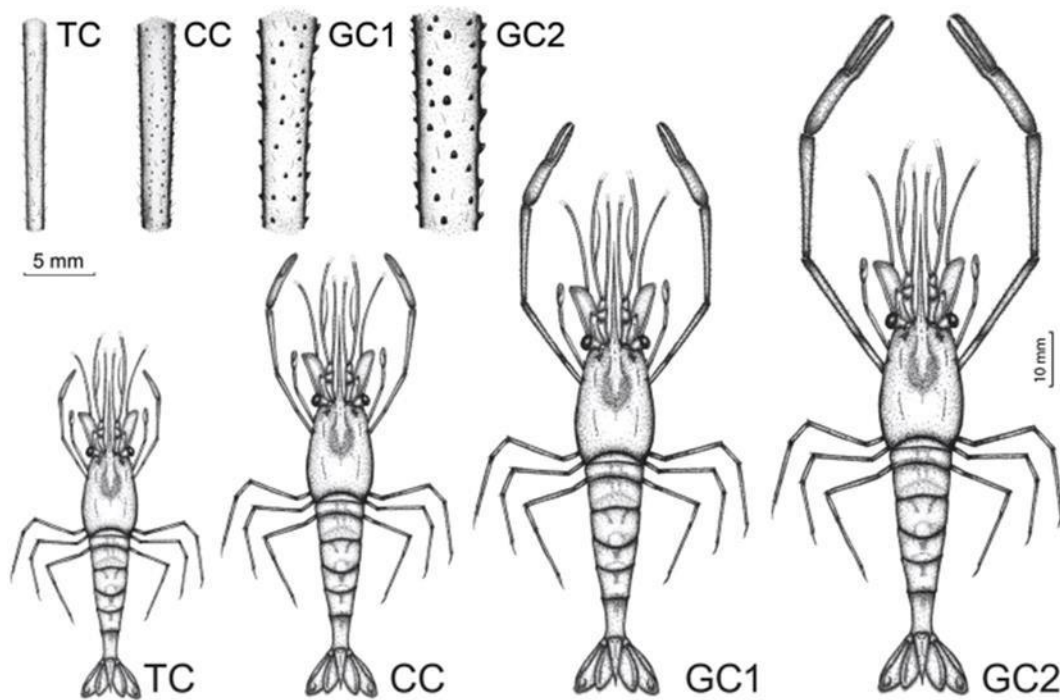


Figura 04. Morfotipos de machos de *M. amazonicum* sexualmente maduros. TC: Translucent Claw; CC: Cinnamon Claw; GC1: Green Claw 1; GC2: Green Claw 2. Fonte: Pantaleão, Hirose e Costa et al., 2014.

Além das características morfológicas, os morfotipos apresentam diferenças fisiológicas, tais como: padrão de crescimento (MORAES-RIODADES e VALENTI, 2004), comportamento, metabolismo, excreção (AUGUSTO E VALENTI, 2016), reprodução (DA SILVA et al., 2009) e digestão (PICOLO, 2013; DA SILVA SANTOS et al, 2016).

Após análises do conteúdo estomacal de indivíduos adultos do *M. Amazonicum*, constatou-se que o tipo de alimentação predominante era proveniente de fibras vegetais, insetos e pequenos crustáceos (AGUIAR, 2016). Contudo, Araújo e Valenti (2005) mencionam que espécies de *Macrobrachium* podem apresentar ainda comportamentos agonísticos, envolvendo canibalismo e estresse social. Tal ação pode estar associada a disputa por alimento, parceiro sexual e até mesmo como fonte de carbonato de cálcio para a formação do exoesqueleto (MELO e NAKAGAKI, 2013).

Assim, apesar de já existir inúmeros trabalhos voltados para a espécie, ainda existem alguns gargalos que devem ser superados para o *M. amazonicum* objetivando seu cultivo comercial. Dentre eles destacam-se: o desenvolvimento de morfotipos pela população de machos, a baixa fecundidade das fêmeas em relação a outras espécies do mesmo gênero (ANGER., 2013), e a ausência de estudos que caracterizem a capacidade digestiva da espécie. Contudo, estudos de nutrigenômica possibilitaram verificar a expressão endógena da enzima endo- β - 1,4-glucanase (celulase) em *M. amazonicum*, acompanhado do aproveitamento de celulose em uma dieta purificada (QUEIROZ et al., 2023), e isoformas da enzima quitinase, responsáveis pela degradação do exoesqueleto, defesa contra patógenos e digestão de cadeias quitinolíticas (ROCHA et al., 2022). Uma vez que a nutrigenômica desvenda como os nutrientes regulam a transcrição de genes de enzimas digestivas, sua aplicação na nutrição de organismos aquáticos pode permitir a formulação precisa de dietas espécie-específicas que otimizam a saúde e o metabolismo animal.

2.2 Nutrição de Organismos Aquáticos

2.2.1 Digestibilidade dos nutrientes

Estudos sobre o valor nutritivo dos principais coprodutos e resíduos produzidos no Brasil utilizados na elaboração de rações são de fundamental importância tanto para os aspectos nutricionais quanto econômicos, objetivando maior precisão no balanceamento das dietas para organismos aquáticos (FRACALOSSI, CYRINO 2012). Para a determinação do valor nutritivo de um ingrediente ou de uma dieta, a análise química deve estar associada à determinação da digestibilidade. A palavra digestibilidade define o desaparecimento de um nutriente pelo trato digestório e é obtida pela diferença entre a quantidade de energia ou nutriente consumido e a excretada nas fezes (FRACALOSSI, CYRINO 2012).

Estes parâmetros são de grande importância para a determinação das exigências nutricionais dos peixes (FURUYA, 2011). Assim, determinar a digestibilidade de um nutriente se torna importante parâmetro para avaliar seu potencial de inclusão em dietas para peixes, avaliar a qualidade de dietas completas, além de ser fundamental para a atualização de tabelas de composição de alimentos, que permitem a formulação de rações específicas para cada espécie, considerando a fase de criação (ROSTAGNO et al., 2011). Dados confiáveis sobre a digestibilidade dos nutrientes são ainda fundamentais para formular dietas de baixo custo e menor impacto ambiental, minimizando as perdas de nutrientes para o meio ambiente e eutrofização dos corpos d'água (GUIMARÃES et al., 2012).

A eficiência da digestão dos alimentos pode ser influenciada, entre outros fatores, pela superfície da exposição destes às secreções digestivas, tempo de passagem pelo trato gastrintestinal, peso e comprimento dos peixes, processo físico-químico a que a dieta ou o ingrediente tenham sido

submetidos, composição química da dieta, concentração dos nutrientes na dieta, características da espécie e o arcabouço enzimática de cada espécie (JOBLING, 2012). Assim, os teores de nutrientes da dieta, efetivamente disponíveis para os peixes, podem ser estimados com o auxílio do coeficiente de digestibilidade do nutriente.

2.2.2 Nutrigenômica e a sua contribuição para a ciência da nutrição

A nutrigenômica é uma área da genômica funcional que investiga como a dieta e seus nutrientes afetam a expressão gênica, tendo como principais ferramentas a bioinformática, a biologia molecular e os ensaios de nutrição *in vivo*. Nesse contexto, a bioinformática nos dará uma prospecção do potencial digestivo, metabólico, reprodutivo, sanitário e de crescimento do camarão que será validada através de ensaios de crescimento e/ou digestibilidade. E ainda, a partir da validação, novos ensaios nutricionais podem ser realizados quantificando genes expressos diferencialmente pelo tecido alvo sob influência de algum nutriente. Toda essa informação poderá orientar o desenvolvimento de formulas de dietas cada vez mais espécie e fase específica uma vez que o transcriptoma/genoma funcional de um dado órgão ou tecido pode estabelecer o padrão temporal e espacial dos genes expressos em vários estágios de desenvolvimento dos organismos alvo.

Com os avanços recentes na pesquisa genômica, temos agora uma capacidade inédita de aplicar essa tecnologia a diversas utilidades (PANSERAT e KAUSHIK, 2010), incluindo na produção animal. Trabalhos desta natureza vem fornecendo um panorama amplo quanto a capacidade digestiva das espécies apontando os ingredientes mais adequado para uma espécie animal em uma fase de produção específica. Assim, a nutrigenômica, permite compreender as redes de interação entre os genes e as dietas (JUÁREZ GUTIÉRREZ, 2020) trazendo mais rapidez e sustentabilidade para a ciência da nutrição animal.

Tradicionalmente, a farinha de peixe tem sido a principal proteína utilizada na fabricação de rações para crustáceos, devido aos seus altos níveis de proteínas digestíveis e perfil de aminoácidos equilibrados (UNNIKRISHNAN e PAULRAJ 2010). Compreender a digestão de diferentes tipos de nutrientes presentes em ingredientes alternativos, bem como a sua absorção, metabolismo e funções, é essencial para produzir rações nutritivas e economicamente sustentáveis (LI et al., 2009).

A adição de ácidos orgânicos e enzimas nas rações, assim como o uso de processos fermentativos ou de hidrólise podem auxiliar no uso de ingredientes alternativos de baixa qualidade nutricional, com resultados já observados em algumas espécies de camarão alimentados com rações suplementadas com proteases (SILVA et al, 2016). Em sequência, é necessário refinar vários aspectos dessa tecnologia para que sua rentabilidade e sustentabilidade possam ser otimizadas. Nesse sentido, a fisiologia, as exigências nutricionais e a dieta da espécie *M. amazonicum* são grandes lacunas que precisam ser investigadas.

2.3 Aplicação do conceito de economia circular na aquicultura amazônica

2.3.1 Ingredientes fibrosos regionais de origem animal

Dentro do contexto da economia circular, o *Tenébrio molitor*, conhecido como tenébrio ou larva de farinha, tem sido estudado como uma alternativa promissora para o processamento de resíduos orgânicos. Estas larvas têm a capacidade de decompor matéria orgânica, incluindo restos de alimentos, resíduos agrícolas e até mesmo resíduos industriais (OONINCX, 2010; MIGLIETTA, 2015; HECKMANN, 2018). Uma vez que se alimentam desses resíduos, as larvas do *Tenebrio* podem ser transformadas em fontes valiosas de proteína, gordura e outros nutrientes, tanto para consumo animal quanto humano (VELDKAMP, 2015).

Em relação ao processamento do caranguejo, uma das principais indústrias de frutos do mar em muitas regiões costeiras, há um enorme potencial para explorar alternativas mais sustentáveis para lidar com os resíduos gerados durante esse processo. A casca de caranguejo, por exemplo, é rica em quitina, uma substância que pode ser extraída e utilizada em várias aplicações, desde a produção de bioplásticos até a medicina regenerativa (ZHANG et al., 2021). Além disso, ao adotar essa abordagem, as comunidades costeiras poderiam aproveitar melhor os recursos disponíveis em sua região, promovendo a sustentabilidade econômica e ambiental. A produção local de ingredientes alternativos também pode reduzir a dependência de recursos externos e fortalecer as economias regionais.

Portanto, ao considerar o *Tenébrio* dentro do conceito de economia circular e o resíduo do processamento de caranguejo como um potencial ingrediente regional alternativo, podemos abrir novas oportunidades para promover práticas mais sustentáveis e aproveitar os recursos disponíveis de forma mais eficiente.

Tenébrio - *Tenébrio molitor*

Nas últimas décadas, insetos têm sido utilizados como fonte nutricional alternativa aos alimentos tradicionais, tanto para alimentação humana, como para a produção de ração animal. Estes organismos, são fontes ricas de proteínas (VELDKAMP, 2015; OONINCX, 2012; NOWAK, 2016). A exemplo disso, o inseto *T. molitor* (Figura 05a) é utilizado na biodegradação de resíduos plásticos em proteínas, devido ao seu microbioma intestinal único (YANG et al., 2015; BRANDON et al., 2018).

As larvas de *T. molitor* (Figura 05 b) possuem um bom valor nutricional, como teor de proteína e gordura (NOWAK et al., 2016; RAMOS-ELORDUY et al., 2014; DE MARCO et al., 2015; KIEROŃCZYK et al., 2018; BENZERTIHA et al., 2019), digestibilidade em peixes de cultivo (YOO et al., 2019; CHO et al., 2020), sabor (JIN et al., 2016; KIEROŃCZYK et al., 2018) e capacidade funcional, com presença de quitina e peptídeos antimicrobianos (HENRY et al., 2015; ADÁMKOVÁ et al., 2017; SONG et al., 2018; BENZERTIHA et al., 2019; BENZERTIHA et al., 2020). Esses organismos são de fácil manipulação e possuem alto nível de proteínas estáveis, independentemente de suas dietas (VAN BROEKHOVEN, 2015). Por essa razão, esses insetos já estão sendo produzidos industrialmente como ração para animais de estimação, animais de zoológico e até mesmo para animais de produção, como peixes, porcos e aves (RAMOS-ELORDUY et al., 2014; JIN et al., 2016).



Figura 05. *Tenébrio molitor* na fase adulta (a) e fase larval (b). Fontes: Agrolink e Embrapa.

Tenébrio molitor é uma praga de farinha, grãos e alimentos, distribuído em todo o mundo (RAMOS-ELORDUY et al., 2014). Como toda espécie da ordem coleóptera (LINNAEUS, 1758), esta espécie possui um ciclo de vida completo, possuindo quatro fases, sendo estas: ovo, larva, pupa e adultos. Algumas fêmeas podem colocar até 500 ovos, que eclodem após 3-9 dias. O estágio de larva dura de 1 a 8 meses e tem uma cor marrom-amarelada clara. A fase de pupa dura 5-28 dias e a fase adulta dura 2-3 meses. O tamanho da larva mede cerca de 2,0 – 3,5 cm, o tamanho adulto é de aproximadamente 1 cm (AGUILAR-MIRANDA et al., 2002; GHALY., 2009; LI et al., 2013; SIEMIANOWSKA et al., 2013). Tem hábitos onívoros, contudo, em situações comerciais esses insetos são alimentados principalmente com

farelo e farinha de cereais (LI et al., 2013), com cuidados para o nível de proteína, que deve conter aproximadamente 20% (RAMOS-ELORDUY et al., 2014).

Nos artrópodes, existe um grupo de enzimas digestivas responsáveis pela quebra de substratos quitinosos, que são denominadas quitinases, várias delas foram descritas como quitinases intestinais (SHEN e JACOBS-LORENA, 1997; GIRARD e JOUANIN, 1999; RAMALHO -ORTIGAÇÃO e TRAUB-CSEKO, 2003; BOLOGNESI et al., 2005). Os papéis propostos para essas quitinases são: atuar em conjunto com uma quitina sintase para modular a espessura e permeabilidade da membrana peritrófica em adultos de *Anopheles gambiae* (SHEN e JACOBS-LORENA, 1997) e *Lutzomya longipalpis* (VILLALON et al., 2003), ou para realizar a digestão intermuda da membrana peritrófica em larvas de *Spodoptera frugiperda* (BOLOGNESI et al., 2005). Supõe-se que o papel da quitinase em *Phaedon cochleariae* seja semelhante ao de *A. gambiae* (GIRARD e JOUANIN, 1999), apesar da falta de evidências diretas.

Três funções foram propostas para quitinases do intestino médio de insetos: (1) digestão da membrana peritrófica durante a intermuda (BOLOGNESI et al., 2005), (2) controle da largura da membrana peritrófica (SHEN e JACOBS-LORENA, 1997) e (3) digestão de estruturas ricas em quitina (SOUZA-NETO et al., 2003). Nos dois primeiros casos, a atividade da quitinase intestinal faz parte de um equilíbrio muito sensível entre síntese e degradação da membrana peritrófica, levando à formação, manutenção e degradação dessa estrutura. Qualquer mudança abrupta na atividade da quitinase leva ao distúrbio da função digestiva do inseto, reforçando a proposta da quitinase como alvo para o controle de insetos (KRAMER e MUTHUKRISHNAN, 1997).

Caranguejo Uçá – *Ucides cordatus*

O caranguejo-uçá *Ucides cordatus* (LINAEUS, 1763) (Figura 06) é típico do ecossistema manguezal, onde habita tocas cavadas no sedimento da zona entre marés (SCHMIDT, 2012). Este, desempenha importante papel ecológico na cadeia alimentar, oxigenação e drenagem do sedimento e nos ciclos biogeoquímicos de diferentes elementos (FARIAS, 2012). A espécie desempenha papel importante no processamento da serapilheira, fluxo energético, bioturbação do sedimento e na ciclagem do carbono e da matéria orgânica (CONDE et al., 2000; WOLFF et al., 2000; AMOUROUX e TAVARES, 2005; GUEST, 2006).



Figura 06. Caranguejo-uçá *Ucides cordatus*. Fonte: Embrapa.

Esse recurso representa também elevada importância socioeconômica para as comunidades costeiras, nas áreas de manguezal. Muitas famílias dependem da coleta, beneficiamento, transporte ou comercialização do caranguejo-uçá, para garantir a maior porcentagem de sua renda (GLASER, 2004). Contudo, a alta demanda por esse produto resultou em uma problemática ambiental, que é o acúmulo de carcaças de caranguejo advindos do beneficiamento de sua carne (RIBEIRO e FERNANDES, 2018).

Uma das alternativas para o uso dos resíduos provenientes do caranguejo é a fabricação da farinha, que pode servir como matéria prima para a produção de diversos produtos de ampla aplicabilidade (RIBEIRO e FERNANDES, 2018), bem como: adubo orgânico (ARAÚJO, 2007; FERREIRA, 2011), biofilmes (DE OLIVEIRA, 2011), adição em concreto e cerâmicas (BATALHA, 2017; SANTOS, 2020), entre outras aplicações. As carapaças de artrópodes são resíduos abundantes e rejeitados pela indústria pesqueira, que em muitos casos as consideram poluentes. Sua utilização reduz o impacto ambiental causado pelo acúmulo nos locais aonde é gerado ou estocado (GOOSEN, 1997).

Assim como os insetos, os crustáceos também realizam processos que envolvem a quebra de cadeias quitinolíticas, incluindo o processo de ecdise, considerado vital para esses organismos (HUANG et al., 2012). Para os insetos, as quitinases estão envolvidas nos processos de reparação de cutícula, digestão nutricional e até mesmo a resistência a doenças (ARAKANE, 2010; MERZENDORFER, 2013). Os avanços das análises de transcriptoma resultaram no registro de quitinases exclusivas para crustáceos. Esses genes foram relacionados a processos como: degradação de exoesqueletos, digestão de alimentos quitinosos, defesas contra doenças

e renovação da membrana peritrófica do epitélio intestinal (PROESPRAIWONG, 2010; ZHANG et al., 2010).

2.3.2 Uso do fungo *aspergillus oryzae* na fermentação de potenciais ingredientes para a nutrição de organismos aquáticos

A busca por ingredientes alternativos para formulação de rações aquícolas tem impulsionado o aproveitamento de resíduos da agroindústria e da indústria pesqueira, que apresentam potencial para reduzir os custos de produção e promover maior sustentabilidade. Entretanto, esses materiais frequentemente possuem elevados teores de fibras e fatores antinutricionais, que comprometem a digestibilidade e o aproveitamento dos nutrientes pelos organismos aquáticos (WU & MUIR, 2008; BU et al., 2018). Em ingredientes de origem animal, como resíduos de crustáceos, a principal fibra é a quitina, um polissacarídeo estrutural associado a proteínas, lipídios e minerais que compõem o exoesqueleto, dificultando sua degradação durante a digestão (ZHU et al., 2016).

Nesse contexto, a fermentação microbiana destaca-se como uma estratégia eficiente para reduzir fatores antinutricionais e melhorar a qualidade nutricional dos ingredientes, sendo considerada mais eficaz que o tratamento térmico para compostos resistentes ao calor (DREW et al., 2007; IMOROU TOKO et al., 2008; JAKOBSEN et al., 2015). Esse processo promove a degradação de fibras, aumenta a disponibilidade de proteínas e aminoácidos, reduz compostos tóxicos e favorece a digestibilidade dos alimentos. Além disso, microrganismos utilizados na fermentação podem exercer efeitos benéficos sobre a microbiota intestinal dos animais, contribuindo para melhor aproveitamento dos nutrientes e possibilitando a substituição parcial da farinha de peixe por ingredientes fermentados, reduzindo os custos de produção (NIBA et al., 2009; DAWOOD et al., 2015; SIDDIK et al., 2018).

Entre os microrganismos empregados nesse processo, o fungo *Aspergillus oryzae* destaca-se como uma das espécies mais importantes na biotecnologia devido à elevada capacidade de produzir enzimas hidrolíticas, como amilases, proteases e quitinases, responsáveis pela degradação de amidos, proteínas e compostos quitinosos (PUNIA et al., 2020; WATARAI et al., 2019). Tradicionalmente utilizado na produção de alimentos fermentados, como missô, shoyu e koji, esse fungo também é empregado industrialmente na produção de enzimas para os setores alimentício e de panificação, além de apresentar potencial como probiótico na produção animal (BARBESGAARD et al., 1992; DABA et al., 2021; LEE et al., 2006).

Na nutrição de organismos aquáticos, a fermentação com *A. oryzae* representa uma alternativa promissora para o aproveitamento de ingredientes vegetais e substratos ricos em quitina, como resíduos de camarões e caranguejos. As enzimas produzidas pelo fungo degradam a quitina em compostos menores, como quitoooligossacarídeos e quitosana, agregando valor aos resíduos e aumentando a disponibilidade de nutrientes (YEUL & RAYALU, 2013; ABO et al., 2019; PORIA et al., 2021). Além disso, a quitina de origem fúngica apresenta menor quantidade de contaminantes quando comparada à obtida de crustáceos, reduzindo a necessidade de processos de purificação e favorecendo sua aplicação industrial (HUDSON, 1998; ELSOUD et al., 2022).

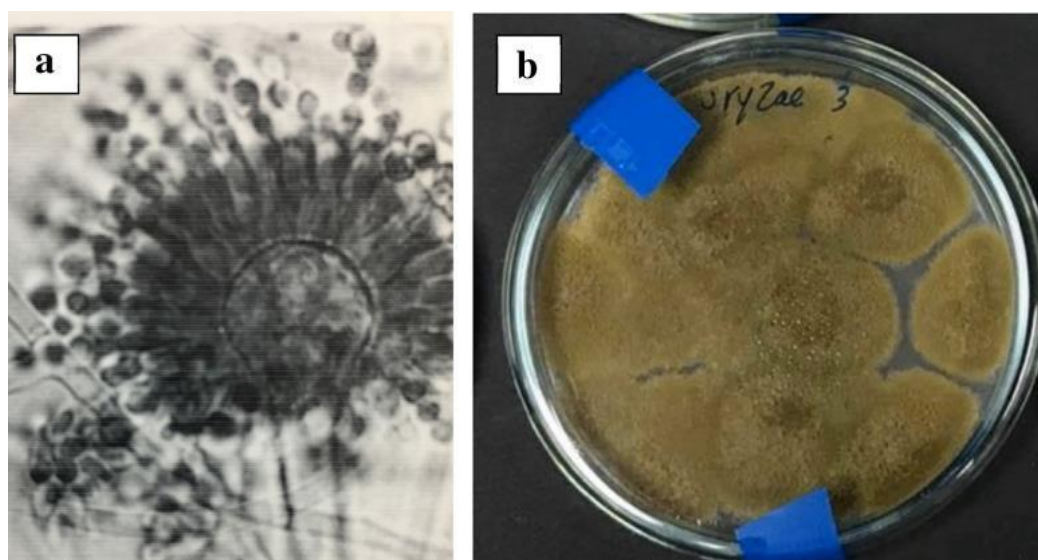


Figura 07: Morfologia de *Aspergillus oryzae*: A sob microscópio, B cultivado em meio ágar batata dextrose (DABA et al., 2021).

Dessa forma, a utilização de *Aspergillus oryzae* na fermentação de ingredientes destinados à alimentação de organismos aquáticos constitui uma estratégia biotecnológica capaz de melhorar o valor nutricional das matérias-primas, aumentar sua digestibilidade, reduzir fatores antinutricionais e promover o aproveitamento sustentável de resíduos agroindustriais e pesqueiros. Esses benefícios reforçam seu potencial para o desenvolvimento de dietas mais eficientes, economicamente viáveis e ambientalmente sustentáveis para a aquicultura.

2.3.2 Ingredientes regionais fibrosos de origem vegetal

Resíduo ou torta de goiaba

A goiabeira, pertencente à espécie *Psidium guajava* L., é reconhecida como uma das frutíferas tropicais de maior rusticidade, destacando-se pela sua elevada capacidade de adaptação a diferentes condições climáticas e resistência a doenças. Além disso, apresenta alta produtividade quando comparada a outras espécies frutíferas. Essa espécie integra a família Myrtaceae, a qual compreende aproximadamente 142 gêneros e mais de 6.700 espécies de árvores e arbustos (DE MALTA et al., 2018).

Durante o processamento agroindustrial da goiaba para obtenção de polpa, é gerado um resíduo constituído principalmente por sementes e frações de polpa remanescente, podendo representar até 19% da massa total do fruto. Esse subproduto apresenta potencial significativo para utilização na alimentação animal (BROCHADO et al., 2018). O resíduo oriundo dessa cadeia produtiva destaca-se por sua composição nutricional, sendo rico em proteínas, lipídios, compostos fenólicos e vitamina C, o que reforça sua viabilidade como ingrediente alternativo na formulação de rações (NOBRE et al., 2020).

Além de seu aproveitamento como subproduto, a goiaba apresenta elevado valor nutricional e ampla produção, caracterizando-se por alta frutificação e teor de sólidos. Embora seja consumida in natura, grande parte da produção nacional é direcionada ao processamento industrial, especialmente para a fabricação de sucos, polpas e derivados (LANDAU; MARTINS; DA SILVA, 2020).

Resíduo ou torta de dendê

O dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq.) é uma espécie vegetal originária da costa ocidental da África, pertencente à família Arecaceae, sendo amplamente reconhecido como uma oleaginosa de elevada produtividade (BATISTA et al., 2013). No Brasil, sua introdução ocorreu inicialmente no litoral da Bahia, durante o período colonial, em decorrência do tráfico de pessoas escravizadas, por volta do século XVI. Desde então, o óleo de dendê passou a ser amplamente utilizado na culinária, favorecendo a expansão do cultivo para outras regiões do país (ALMEIDA et al., 2013).

Os frutos do dendezeiro são compostos por epicarpo (casca), mesocarpo (polpa) e endocarpo, que envolve a amêndoa. A partir do processamento desses frutos, são obtidos dois principais produtos comerciais: o óleo de palma (óleo de dendê), extraído da polpa, e o óleo de palmiste, obtido da amêndoa (BEZERRA et al., 2022).

Durante o processamento industrial, há geração significativa de resíduos sólidos, como cascas, fibras, cachos vazios e a torta de dendê, além do efluente líquido conhecido como Palm Oil Mill Effluent (POME). Esses subprodutos apresentam elevado potencial poluidor quando descartados inadequadamente, devido ao grande volume gerado no processo produtivo (ISKANDAR et al., 2018).

Estima-se que a produção de óleo de palma apresente rendimento médio de aproximadamente 20%, enquanto o óleo de palmiste corresponde a cerca de 1,5%, resultando na geração de até 42,5% de resíduos sólidos e aproximadamente 50% de efluentes (QUEIROZ et al., 2012).

Dentre esses subprodutos, a torta de dendê destaca-se como um resíduo com potencial de aproveitamento na alimentação animal, devido à sua disponibilidade e composição nutricional, podendo ser utilizada como ingrediente alternativo em formulações de rações.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Avaliar a capacidade de PLs do *Macrobrachium amazonicum* em utilizar ingredientes fibrosos regionais via ensaios de digestibilidade *in vivo*

3.2 Objetivos específicos

- Calcular os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da quitina e da matéria seca das farinhas de tenébrio *in natura* e fermentada e da farinha de caranguejo uçá *in natura* e fermentada por PLs do *M. amazonicum*;
- Calcular os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da fibra em detergente ácido, fibra em detergente neutro e da matéria seca das tortas de dendê e de goiaba por PLs do *M. Amazonicum*;
- Verificar diferenças no aproveitamento nutricional entre os diferentes ingredientes testados.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois ensaios de digestibilidade *in vivo* consecutivos, ambos realizados no laboratório de piscicultura (LAPIS) e no laboratório de aquicultura (LAQUA) da Faculdade de Engenharia de Pesca, do Instituto de Estudos Costeiros da Universidade Federal do Pará, campus Bragança. Os animais utilizados são provenientes da larvicultura realizada no LAQUA a partir de fêmeas ovígeras trazidas da Fazenda Escola de Castanhal-PA (FEC), da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA).

Os ingredientes a serem avaliados foram adquiridos do seguinte modo: todas as farinhas foram produzidas no Laboratório de Tecnologia do Pescado (LABTEPE). O resíduo do processamento do caranguejo foi doado pela comunidade do Treme já, as larvas de *Tenébrio molitor* tem origem de

produção própria do LAPIS. Ambos os ingredientes na sua forma fermentada foram produzidos e doados pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). As tortas de goiaba e de dendê foram doadas pela empresa AmazonOil localizada na cidade de Ananindeua, PA.

O ensaio experimental foi realizado em duas etapas. A primeira, com o objetivo de determinar os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS) e da quitina (CDAQT) das farinhas de *Tenebrio molitor* *in natura* e fermentada e das farinhas de caranguejo (*Ucides cordatus*) *in natura* e fermentado. A segunda etapa teve como objetivo determinar os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), da fibra em detergente neutro (CDAFDN) e da fibra em detergente ácido (CDAFDA) das tortas de dendê e de goiaba por PLs do *M. amazonicum*.

4.1 Experimento 1

foram utilizadas 600 Pós-larvas de 60 dias (PL-60) distribuídas em 5 cubas de digestibilidade, totalizando 12 animais L⁻¹. As cubas de digestibilidade apresentam formato cônico invertido de acordo com o sistema de Guelph modificado (Cho *et. al.*, 1982), conectadas de forma individual a um sistema de filtros biológicos e mecânicos para promover a recirculação e manutenção da qualidade da água (Figura 1).

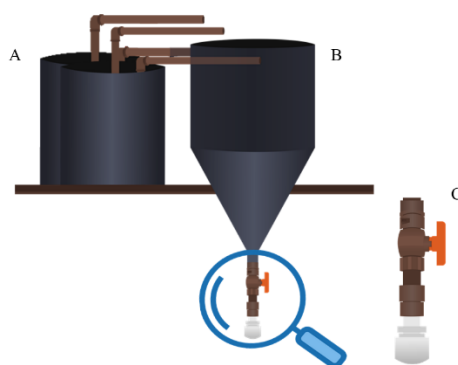


Figura 8. Tanque de digestibilidade. Sistema de biofiltro (A). Tanque de digestibilidade (B). Sistema de coleta de fezes (C)

A ração foi fornecida *ad libitum*, e o arraçoamento, limpeza do sistema e coleta de fezes foi realizado diariamente de acordo com o seguinte protocolo desenvolvido pelos autores. Setenta minutos após a segunda alimentação, aproximadamente 3 litros de água do fundo do tanque foram descartados, para assegurar a ausência de restos de ração nas fezes coletadas. Logo após a limpeza dos tanques, a coleta de fezes aconteceu a cada 30 minutos, sendo repetida oito vezes ao longo do dia. Esse manejo foi realizado para evitar presença de exúvias nas fezes, ou produtos da sua degradação, evitando assim a contaminação das fezes. Ao final da coleta diária e de cada repetição, o excesso de água foi retirado por decantação e o material foi congelado a -20 °C (Tabela 01).

Tabela 1. Tabela de manejo alimentar e coleta de fezes dos animais

Manhã	Tarde
8h00 - Alimentação	14h00 - Alimentação
9h00 - Alimentação	15h00 - Alimentação
10h10 - Limpeza	16h10 - Limpeza
10h40 - Coleta de fezes	16h40 - Coleta de fezes
11h10 - Coleta de fezes	17h10 - Coleta de fezes
12h10 - Coleta de fezes	18h10 - Coleta de fezes

A qualidade da água foi aferida diariamente, obtendo dados de pH, compostos nitrogenados dissolvidos (amônia e nitrito) e o oxigênio dissolvido. Foram adotados os parâmetros de qualidade recomendados para *M. amazonicum* (Moraes e Valenti, 2010), sendo estes: temperatura 27,56 ($\pm 0,09$ °C), pH 7,96 ($\pm 0,06$ mg/L), oxigênio dissolvido 4,52 ($\pm 0,15$), amônia e nitrito abaixo de 0,25 mg/L. As análises dos compostos nitrogenados foram realizadas por meio de Kit Labcon Test (Alcon Ltda., Brasil).

Para as análises químicas, os ingredientes, dietas e fezes foram secos, pesados e moídos. A determinação dos valores de matéria seca e proteína bruta dos ingredientes foi realizada no Laboratório de Pesquisa Animal, da Universidade Federal da Lavras, de acordo com a metodologia de Silva (1990). A determinação do óxido de cromo das fezes e das dietas, foi realizada pelo Laboratório de Análises do Solo do Departamento de Ciência do Solo, da Universidade Federal de Lavras. A determinação da quitina das fezes, dietas e ingredientes foi determinada de acordo com metodologia modificada de Tsuji et al. (1969) e Eggink et al (2022), no Laboratório de Química do Pescado da Faculdade de Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Pará, Campus de Bragança.

Delineamento e dietas experimentais

Cinco dietas foram confeccionadas e distribuídas em quadrado latino, perfazendo cinco tratamentos e cinco repetições. Para cada repetição deu-se um intervalo de cinco dias para a adaptação dos peixes à nova dieta. Para tanto foi elaborada uma dieta-referência, com base nas exigências nutricionais da espécie determinada por Pezzato *et al.* (2003) (Tabela 02). As dietas-teste foram formuladas com a inclusão de 30% de cada ingrediente teste (Cho e Slinger, 1979).

Tabela 2. Composição percentual e químico-bromatológica da dieta-referência.

Ingredientes	%
Farinha de Barata Cinéria	6,00
Albumina ¹	40,00
Milho Fubá	18,00
Trigo Farelo	5,60
Oxido Cromo (III)	0,50
Celulose	10,50
Óleo de peixe	10,00
Fosfato bicálcico	3,90
Calcário	2,00
Vitamina C ²	1,00
Premix vitamínico/mineral ³	2,00
BHT ⁴	0,50
Total	100,00
Composição química (valores calculados) ⁵	
Energia Bruta (Kcal/Kg)	3935,40
Proteína Bruta (%)	35,08
Fibra Bruta (%)	12,73
Extrato Etéreo (%)	10,89

¹Albumina Natura Ovos Natural

²Sal calcítico, princípio ativo-42% ácido ascórbico 2-monofosfato.

³Níveis de garantia por quilograma do produto: Vit. A, 1.200.000UI ; Vit. D3 ; 200.000UI ; Vit. E, 12.000 mg ; Vit K3, 2.400 mg ; Vit. B1, 4.800 mg ; Vit. B2, 4.800 mg ; Vit. B6, 4.000 mg ; Vit. B12, 4.800 mg ; Ac. Fólico, 1.200 mg ; Pantotenato Ca, 12.000 mg ; Vit. C, 48.000 mg ; Biotina, 48 mg ; Colina, 65.000 mg ; Niacina, 24.000 mg ; Ferro, 10.000 mg ; Cobre, 6.000 mg ; Manganês, 4.000 mg ; Zinco, 6.000 mg ; Iodo, 20 mg ; Cobalto, 2 mg ; Selênio, 20 mg

⁴Butil hidroxi tolueno

⁵Os valores de composição química dos ingredientes para o cálculo da ração-referência foram retirados de Pezzato et al. (2003).

O delineamento experimental utilizado foi o quadrado latino, constituído por cinco tratamentos e cinco repetições formados pelos quatro ingredientes teste: farinha de insetos e crustáceos, nas formas *in natura* e fermentada, e a dieta referência (Tabela 03).

Tabela 3. Composição química dos ingredientes teste: farinha de tenébrio *in natura* e fermentada e farinha do resíduo do caranguejo uçá *in natura* e fermentada.

	MS % ⁵	PB % ⁶	EE % ⁷
CNF ¹	88,96	20,90	7,39
CF ²	95,93	22,61	7,16
TNF ³	96,06	54,61	33,70
TF ⁴	97,12	37,70	30,9

¹ Caranguejo não fermentado

² Caranguejo fermentado

³ Tenébrio não fermentado

⁴ Tenébrio fermentado

⁵ Matéria Seca

⁶ Proteína Bruta

⁷ Extrato Etéreo

Após a formulação, as dietas foram umedecidas, com 25% de água a 50°C, peletizadas em moedor de carne convencional (G. PANIZ, MCR-22, SP, Brasil) e secas em estufa de ventilação forçada (QUIMIS, SP, Brasil) a 50°C. Antes de serem fornecidas as PLs, as dietas foram trituradas e peneiradas para se obter pellets de 5mm.

Coefficientes de digestibilidade aparente (CDA)

Para determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) dos nutrientes das dietas, foi utilizada a metodologia indireta, tendo como indicador o óxido crômico (Cr₂O₃) incorporado na proporção de 0,5% das dietas, segundo NRC (1993). Foram ainda utilizadas as expressões descritas por Sugiura et al., (1998), respectivamente:

$$CDA=100 - [100. \%Ir\%If. \%Nf\%Nr]$$

Em que: CDA = coeficiente de digestibilidade aparente; Ir = % de óxido de cromo na ração; If = % de óxido de cromo nas fezes; Nr = nutrientes na ração; Nf = nutriente nas fezes.

$$CDA_{ing} = (Nutr(dt) \times CD(dt) - 0,7 Nutr(dr) \times CD(dr)) / Nutring \times 0,3$$

Em que: CDA (ing) = coeficiente de disponibilidade aparente do ingrediente; Nutr(dt) = % nutriente na dieta-teste; CD (dt) = coeficiente de disponibilidade aparente da dieta-teste; Nutr(dr) = % nutrientes na dieta-referência; CD (dr) = coeficiente de disponibilidade da dieta-referência; Nutr(ing) = % nutriente no ingrediente.

Análises estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o software SAEG (Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas, versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais). Foi avaliada a normalidade e a homoscedasticidade dos dados pelos testes de Lilliefors e Bartlett, respectivamente. Em seguida, foi realizada análise de variância (ANOVA) e, quando apresentou diferença significativa ($P < 0,05$), foi empregado o teste de Tukey a 5% de significância.

4.2 Experimento 2

Os camarões foram distribuídos em nove aquários cônicos de fibra de vidro de formato cônico invertido de acordo com o sistema de Guelph modificado, com registro que se acopla hermeticamente a um frasco, afim de que as fezes pudessem ser coletadas por decantação (Cho *et al.*, 1982). Para cada tanque foram alocados 600 animais, totalizando 12 animais L⁻¹. Todos os tanques foram conectados a filtros biológicos e estes dotados com filtros mecânicos, para recirculação e limpeza da água, auxiliando no controle de amônia, nitrito e pH, conforme Figura

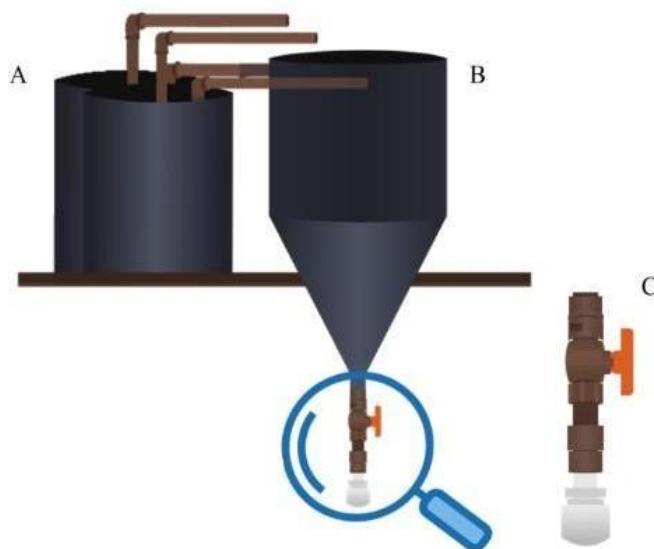


Figura 09- Tanque de digestibilidade (B) acoplado com sistema de biofiltro (A) e sistema de coleta de fezes(C).

Antes do início das coletas de fezes, os camarões foram aclimatados aos aquários cônicos, ao manejo e as dietas durante sete dias. As fezes foram coletadas por decantação nos aquários cônicos de digestibilidade (Cho et al., 1982). O arraçoamento foi realizado diariamente, até a saciedade aparente dos camarões no período entre 8h e 17h, duas alimentações pela manhã e a cada hora no período da tarde. Trinta minutos após a última alimentação, às 17h30min, todos os aquários foram lavados e toda a água renovada para que os coletores de fezes sejam acoplados individualmente no fundo de cada aquário.

As variáveis físico-químicas PH, compostos nitrogenados dissolvidos (amônia e nitrito) e oxigênio dissolvido eram medidas diariamente, afim de manter a qualidade da água nos parâmetros recomendados para *M. amazonicum* (Moraes e Valenti, 2010), sendo estes: temperatura 27,56 ($\pm$ 0,09 °C), pH 7,96 ($\pm$ 0,06 mg/L), oxigênio dissolvido 4,52 ($\pm$ 0,15), amônia e nitrito abaixo de 0,25 mg/L. As análises dos compostos nitrogenados foram realizadas por meio de Kit Labcon Test (Alcon Ltda., Brasil).

Delineamento e dietas experimentais

A dieta referência (Tabela 4), foi formulada com base nas exigências do *M. amazonicum* determinadas por Pezzato *et al* (2003). As dietas testes foram formuladas com a inclusão de 30% de cada ingrediente avaliado, torta de goiaba e torta de dendê, sendo cada dieta corrigida para a manutenção dos valores de óxido de crômio III (Cr₂O₃) em 0,5% (Cho e Slinger, 1979). Para confecção das dietas teste, após moagem, pesagem e homogeneização dos ingredientes, foi acrescida água a 50° C na proporção de 25% do peso total da mistura. A mistura foi peletizada em moinho de carne elétrico e desidratada em estufa de ventilação forçada a 55° C durante 48 horas. Toda água que foi utilizada no ensaio de digestibilidade é proveniente de poço artesiano. A água foi previamente estocada em tanque circular de 5000L dentro do laboratório com a finalidade de evitar mudanças na temperatura e produção de plâncton. Cada aquário de digestibilidade teve aeração individual, realizada por meio de pedra porosa acoplada a compressor radial central, para manutenção dos níveis de oxigênio dissolvido acima de 5 mg/L.

Tabela 4. Composição bromatológica da dieta referência

Ingredientes	%
Albumina ¹	28,00
Fubá de milho	21,10
Farinha de peixe	9,50
Farelo de trigo	12,00
Oxido Cromo III	0,50
Óleo peixe	7,50
Farelo de soja	10,50
Fosfato bicálcico	5,30
Calcário	2,10
Vitamina C	1,00
Premix vitamínico/mineral ²	2,00
BHT ³	0,50
Total	100,00
Composição centesimal calculada ⁴	
Energia Bruta (Kcal/Kg)	3935,40
Proteína Bruta (%)	35,00
Fibra Bruta (%)	26,00
Extrato Etéreo (%)	10,00

¹Albumina Natura Ovos Natural

²Níveis de garantia por quilograma do produto: Vit. A, 1.200.000UI ; Vit. D3 ; 200.000UI ; Vit. E, 12.000 mg ; Vit K3, 2.400 mg ; Vit. B1, 4.800 mg ; Vit. B2, 4.800 mg ; Vit. B6, 4.000 mg; Vit. B12, 4.800 mg; Ac. Fólico, 1.200 mg; Pantotenato Ca, 12.000 mg; Vit. C, 48.000 mg; Biotina, 48 mg; Colina, 65.000 mg; Niacina, 24.000 mg; Ferro, 10.000 mg; Cobre, 6.000 mg; Manganês, 4.000 mg; Zinco, 6.000 mg; Iodo, 20 mg; Cobalto, 2 mg; Selênio, 20 mg

³Butil hidroxil tolueno

⁴Os valores de composição química dos ingredientes para o cálculo da ração-referência foram retirados de Pezzato et al. (2003).

O ensaio foi realizado em delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos: dietas teste de truta de dendê e torta de goiaba (Tabela 5) e dieta referência, e três réplicas cada.

Tabela 5. Composição bromatológica de MS (matéria seca), PB (proteína bruta), MM (matéria mineral), EE (extrato etéreo), FDA (fibra em detergente ácido) e FDN (fibra em detergente neutro) das dietas testes, valores em porcentagem na matéria seca

Composição bromatológica (%)						
Ingredientes	MS	MM	PB	EE	FDN	FDA
Torta de Dendê	92,10±0,1	4,19±0,0	19,78±0,0	6,14±0,1	72,23±4,4	26,05±1,4
Torta de Goiaba	90,07±0,0	1,95±0,0	20,06±2,6	1,68±0,4	68,40±4,4	41,67±0,3

Coefficiente de Digestibilidade aparente (CDA)

Ao final do período de coleta, as fezes foram desidratadas em estufa de ventilação forçada a 55°C durante 48 horas, sendo determinada a matéria seca das amostras. As análises bromatológicas dos ingredientes, das dietas referência e teste e, das fezes, foram realizadas no Laboratório de Química do Pescado (LAQUIPE), da Universidade Federal do Pará, campus Bragança, de acordo com os métodos da

AOAC (2011). A fibra em detergente neutro e a fibra em detergente ácido foi determinada de acordo com a metodologia descrita por Van Soest *et al.* (1991) e, a leitura do Cr₂O₃ (III) de cada amostra de fezes, dieta teste e dieta referência foi realizada pelo método espectrofotométrico ajustado da 1,5-difenilcarbazida (Bremer Neto et al., 2005) com formação do composto vermelho/violeta de máxima absorção a 550nm (Williams, 1979).

Para a determinação do coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) dos nutrientes contidos nas dietas e nos ingredientes, foram utilizadas as expressões descritas por Cho et al. (1982) e Sugiura et al. (1998), respectivamente.

$$CDA = 100 - [100. (\%Ir / \%If). (\%Nf / \%Nr)]$$

Em que: CDA = coeficiente de digestibilidade aparente; Ir = % de óxido de cromo na ração; If = % de óxido de cromo nas fezes; Nr = nutriente na ração; Nf = nutriente nas fezes.

$$CDA_{ing} = (Nutr(dt) \times CD(dt) - 0,7Nutr(dr) \times CD(dr)) / Nutring \times 0,3$$

Em que: CDR (ing) = coeficiente de disponibilidade aparente do ingrediente; Nutr(dt) = % nutriente na dieta teste; CD(dt) = coeficiente de disponibilidade aparente da dieta teste; Nutr(dr) = % nutriente na dieta referência; CD(dr) = coeficiente de disponibilidade da dieta referência; Nutr(ing) = % nutriente no ingrediente.

Análises estatísticas

Para as análises estatísticas, foi avaliada a normalidade e a homoscedasticidade dos dados pelos testes de Lilliefors e Bartlett, respectivamente. Em seguida, os CDAs dos nutrientes dos diferentes ingredientes serão submetidos à análise de variância (ANOVA) e, apresentando diferença significativa ($P < 0,05$), foi empregado um teste de Tukey a 5% de significância. Todas as análises estatísticas foram realizadas com auxílio do software R.

5 Resultados

Não foram identificadas diferenças significativas entre os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca de todas as farinhas testadas com o *M. amazonicum*. Por outro lado, os CDA da quitina proveniente das farinhas de caranguejo foram os maiores, independentemente do tipo de processamento, quando comparados aos percentuais obtidos nas farinhas de tenébrio. O CDA da quitina da farinha de inseto fermentada foi quase dez vezes maior em comparação ao CDA da

quitina da farinha de inseto *in natura* (Tabela 05).

Tabela 06- Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca e da quitina dos ingredientes teste

Ingredientes	CDA (%)	
	Matéria Seca	Quitina
Farinha de Caranguejo <i>in natura</i>	93,09±1,76	82,79±2,39A
Farinha de Caranguejo fermentada	81,62±22,64	84,40±12,03A
Farinha de tenébrio <i>in natura</i>	97,33±0,43	6,63±1,50C
Farinha de tenébrio fermentada	83,40±9,49	65,61±11,72B

Letras iguais na coluna indicam que não existe diferença estatística significativa entre os tratamentos (P>0,05).

Os valores do coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca e da fibra em detergente ácido e da fibra em detergente neutro das tortas de dendê e goiaba estarão presentes na versão final deste trabalho.

6 Discussão

Tanto a farinha de caranguejo quanto a farinha de tenébrio revelaram-se ricas em nutrientes essenciais, como proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE). Adicionalmente, o alto coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca demonstrou que esses nutrientes foram bem aproveitados pelo camarão-da-amazônia, para todas as dietas com inclusão de alimentos quitinosos. Além disso, esse aproveitamento ocorreu de forma similar para as diferentes fontes de farinha e tipos de processamento. Esses achados enfatizam a relevância de considerar ingredientes alternativos, como a farinha de caranguejo e a farinha de tenébrio, como parte de estratégias nutricionais sustentáveis e adaptáveis à região.

Os valores de composição das farinhas demonstram que a quitina do fungo fermentador contribuiu com o aumento desse nutriente nos ingredientes da dieta teste, após o processo fermentativo. A farinha de caranguejo fermentada apresentou 52,49% a mais de quitina que a mesma farinha *in natura*. Para a farinha de tenébrio, a proporção de incremento de quitina obtida na fermentação foi ainda maior (71,11%), quando comparado com a farinha de tenébrio *in natura*. Esses dados mostram que a fermentação pode otimizar a disponibilidade da quitina. Por outro lado, a digestibilidade aparente da quitina não foi igualmente impactada pela fermentação nas farinhas de caranguejo e inseto.

As quitinases em crustáceos podem estar envolvidas no ciclo de muda, para digestão do exoesqueleto que será trocado, no sistema imune ou na digestão de alimentos quitinosos. A simples presença da enzima não implica no aproveitamento de alimentos quitinosos de forma eficiente. Clark et al. (1993), relataram que a digestibilidade da quitina de crustáceos na dieta era baixa para *L. vannamei* (17 g; 36%), camarão branco do Atlântico (*L. setiferus*) (35 g; 33%) e camarão rosa (*Farfantepenaeus duorarum*) (17g; 52%). Assim, é possível que os camarões peneídeos possam

apresentar baixa capacidade de digerir a quitina proveniente de crustáceos. Por outro lado, para *M. amazonicum* foi registrado no presente estudo o alto aproveitamento de quitina para a farinha de caranguejo demonstrado pelo alto CDA (>80%), tanto para na forma *in natura*, quanto para a fermentada. Esses dados sugerem que a espécie apresenta quitinases envolvidas na digestão e aproveitamento da quitina como fonte de alimento. Rocha et al. (2022), identificaram transcritos de genes putativos a enzimas digestivas no genoma funcional do hepatopâncreas de *M. amazonicum*. Foram registrados pelos autores nove genes relacionados a enzimas digestivas, das quais quatro genes foram relacionados à digestão de carboidratos como as quitinases que, por sua vez, foi o fragmento de gene que apresentou maior expressão.

Por outro lado, fica claro que o *M. amazonicum* apresentar dificuldade em digerir a quitina proveniente da larva do tenébrio, mas apresenta facilidade em digerir a quitina do fungo *A. oryzae*, uma vez que o CDA da quitina da farinha de inseto fermentada foi quase dez vezes maior em comparação ao CDA da quitina da farinha de inseto *in natura*. Assim, é possível que a quitina proveniente do exoesqueleto de crustáceos seja de fácil acesso para o *M. amazonicum*, não havendo a necessidade do processamento fermentativo para esse tipo de farinha. Contudo, o mesmo não pode ser sugerido para a quitina presente no exoesqueleto de larva de tenébrio. Nesse contexto, é de grande importância que outras farinhas de inseto sejam avaliadas para conclusão de que o *M. amazonicum* apresenta baixo CDA para quitina proveniente dos insetos.

Outra possibilidade está relacionada ao fato da quitina dos insetos ter características de esclerotização diferenciadas em relação a de crustáceos. É possível que essas diferenças se constituam em fatores antinutricionais, dificultando a ação eficiente das quitinases sobre quitina da farinha de tenébrio. Shin e Lee (2021) investigando a digestibilidade de várias farinhas de insetos para a produção de rações para *L. vannamei*, registraram o CDA da quitina da farinha de *T. molitor* em 28%. Embora esse aproveitamento para outra espécie tenha sido limitado, para *M. amazonicum* esse aproveitamento foi ainda menor (~6%), revelando o quanto o substrato pode influenciar na disponibilidade da quitina como recurso alimentar. Vários microrganismos secretores de quitinase já foram identificados no trato digestivo de *L. vannamei* (Tzuc et al., 2014), simbiose que pode justificar a digestão parcial da quitina dietética por essa espécie. O mesmo, ainda não foi avaliado para o *M. amazonicum*. Por outro lado, o processo de fermentação não só adicionou mais quitina a dieta, como também promoveu a disponibilização para *M. amazonicum*, pois incrementou o CDA da farinha de tenébrio fermentada em 10 vezes (~65%). Esses achados mostram a importância dos microrganismos como tecnologia para produção de alimentos em uma pegada mais ecológica, aproveitando resíduos, enriquecendo os nutrientes (mais quitina) e disponibilizando-os. No presente estudo essas premissas foram atendidas pois a fermentação possivelmente contribuiu com a quebra da esclerotização da matriz da quitina do tenébrio, facilitando o seu uso como nutriente.

7 Considerações finais Conclusão

No presente estudo pudemos constatar que fontes alternativas de nutrientes podem ser utilizadas para organismos aquáticos, alcançando altos valores de CDA para a matéria seca, rica em proteínas e extrato etéreo. Além disso, os alimentos quitinosos estão disponíveis de forma abundante, melhorando as sustentabilidades econômicas e ambientais da aquicultura. O camarão-da-amazônia mostrou-se capaz de aproveitar a quitina, sugerindo da presença de quitinases ativas para a digestão do alimento. Os resíduos de crustáceos são melhor aproveitados do que os dos insetos, mas a fermentação promove aumento significativo da CDA da quitina para a farinha de inseto também.

A fermentação emerge como um processo promissor para aumentar a concentração de proteína bruta em ambas as farinhas, embora sua influência na digestibilidade varie entre os ingredientes. A farinha de caranguejo fermentada mantém uma alta digestibilidade da quitina, similar a farinha *in natura*. Por outro lado, quando o substrato é a farinha de tenébrio o CDA evolui de baixa (~6%) para farinha *in natura* para valores significativamente maiores após a fermentação (~65%).

8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIDI, M. A. et al. Optimization of microbial consortium (AB-101) performance in palm oil mill effluent (POME) treatment via response surface methodology (RSM). *Biointerface Research in Applied Chemistry*, v. 11, n. 2, p. 9242–9252, 2021.

AOAC. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 18. ed. Gaithersburg: AOAC International, 2011.

ARAÚJO, F. J. F. *Aproveitamento de resíduos de caranguejo Uçá gerados pelas barracas da praia do futuro como fonte alternativa de adubo orgânico em cultura de feijão Caupi*. 2007.

ABO ELSOUD, M. M.; EL KADY, E. M. Current trends in fungal biosynthesis of chitin and chitosan. **Bulletin of the National Research Centre**, v. 43, n. 1, p. 1-12, 2019.

AHMAD, A. L. et al. Reclamation from palm oil mill effluent using an integrated zero discharge membrane-based process. *Polish Journal of Chemical Technology*, v. 17, n. 4, p. 49–55, 2015.

ARAKANE, Y.; MUTHUKRISHNAN, S. Insect chitinase and chitinase-like proteins. **Cellular and Molecular Life Sciences**, v. 67, n. 2, p. 201-216, 2010.

AMOUREUX, J.; TAVARES, M. Natural recovery of Amazonian mangrove Forest as revealed by brachyuran crab fauna: preliminary description. **Vie et Milieu/Life & Environment**, p. 71-79, 2005.

ADÁMKOVÁ, A. et al. Nutritional potential of selected insect species reared on the island of Sumatra. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 14, n. 5, p. 521, 2017.

AGUIAR, F. P. Dinâmica populacional e hábitos alimentares em *Macrobrachium* sob influência de barragem. 2016. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

AGUILAR-MIRANDA, E. D. et al. Characteristics of maize flour tortilla supplemented with ground *Tenebrio molitor* larvae. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 1, p. 192-195, 2002.

AMALIA, N. Life cycle assessment for canned crab product (*Portunus pelagicus*) in Indonesia. 2018.

ALMEIDA, D. T. D., Nunes, I. L., Conde, P. L., Rosa, R. P. S., Rogério, W. F., Machado, E. R. (2013). A quality assessment of crude palm oil marketed in Bahia, Brazil.

Grasas y Aceites International Journal of Fats and Oils, vol. 64, n. 4, p. 387-394.

ARAUJO, M. C. D.; VALENTI, W. C. Manejo alimentar de pós-larvas do camarão-da-amazônia. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, v. 27, n. 1, p. 67–72, 2005.

AZIZ, M. A. et al. Recent advances on palm oil mill effluent pretreatment and anaerobic reactor for sustainable biogas production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 119, 2020.

AUGUSTO, A.; VALENTI, W. C. Are there any physiological differences between the male morphotypes of the freshwater shrimp *Macrobrachium amazonicum* (Caridea: Palaemonidae)? *Journal of Crustacean Biology*, v. 36, n. 5, p. 716-723, 2016.

ANGER, K. Neotropical *Macrobrachium* (Caridea: Palaemonidae): on the biology, origin, and radiation of freshwater-invading shrimp. *Journal of Crustacean Biology*, v. 33, n. 2, p. 151-183, 2013.

BALANDRÁN-QUINTANA, R. R. et al. Plant-based proteins. In: *Proteins: Sustainable Source, Processing and Applications*. 2019. p. 97–130.

BATISTA, R. O., Carmo, B. B. T., Silva, K. B., Mesquita, F. O., Costa, M. S. (2013).

Proposta de adequação ambiental de unidades artesanais e semiartesanais de extração de óleo de dendê no Baixo Sul da Bahia para produção de biodiesel.

ACSA – Agropecuária Científica no Semi-Árido, Campina Grande – Paraíba.
v.9, n.3, p.01-07.

BARDONE, E. et al. Isolation and molecular characterization of microorganisms for degradation of oil and grease. *Chemical Engineering Transactions*, v. 49, 2016.

BRANDON, A. M. et al. Biodegradation of polyethylene and plastic mixtures in mealworms (larvae of *Tenebrio molitor*) and effects on the gut microbiome. *Environmental Science & Technology*, v. 52, n. 11, p. 6526-6533, 2018.

BARBESGAARD, P.; HELDT-HANSEN, H. P.; DIDERICHSEN, B. Sobre a segurança de *Aspergillus oryzae*: uma revisão. *Microbiologia Aplicada e Biotecnologia*, v. 36, p. 569-572, 1992.

BATALHA, R. C. M. Incorporação do resíduo carapaça de caranguejo uçá (*ucides cordatus*) calcinada em substituição parcial ao feldspato em massa cerâmica para porcelana dentária. 2017.

BARROS, R. et al. Perspectivas para o cultivo de *Macrobrachium amazonicum* no Brasil. 2025.

BEZERRA, N. M., Martins, H. S., Praxedes, G. M., Nobre, A. J. B. (2022). Análise da qualidade do processo de contenção de frutos verdes e podres na agroindústria 28 do dendê: Um estudo em uma agroindústria paraense. *Amazônia, Organizações e Sustentabilidade*, Belém, v.11, n. 1.

BENTES, B. S.; MARTINELLI, J. M.; SOUZA, L. S.; CAVALCANTE, D. V.; ALMEIDA, M. C.; ISAAC, V. J. Spatial distribution of the Amazon River prawn *Macrobrachium*

amazonicum (Heller, 1862) (Decapoda, Caridea, Palaemonidae) in two perennial creeks of an estuary on the northern coast of Brazil (Guajará Bay, Belém, Pará). **Brazilian Journal of Biology**, v. 71, n. 4, p. 925-935, 2011.

BENZERTIHA, A. et al. *Tenebrio molitor* and *Zophobas morio* full-fat meals in broiler chicken diets: Effects on nutrients digestibility, digestive enzyme activities, and cecal microbiome. **Animals**, v. 9, n. 12, p. 1128, 2019.

BENZERTIHA, A. et al. *Tenebrio molitor* and *Zophobas morio* full-fat meals as functional feed additives affect broiler chickens' growth performance and immune system traits. **Poultry Science**, v. 99, n. 1, p. 196-206, 2020.

BREMER NETO, H. et al. Determinação de cromo em fezes. *Ciência Rural*, v. 35, p. 691–697, 2005.

BOYD, C. E. et al. Achieving sustainable aquaculture. *Journal of the World Aquaculture Society*, v. 51, n. 3, p. 578–633, 2020.

BOYD, C. E.; MCNEVIN, A. A.; DAVIS, R. P. Contribution of fisheries and aquaculture to global protein supply. *Food Security*, v. 14, p. 805–827, 2022.

BOLOGNESI, R.; ARAKANE, Y.; MUTHUKRISHNAN, S.; KRAMER, K. J.; TERRA, W. R.; FERREIRA, C. Sequences of cDNAs and expression of genes encoding chitin synthase and chitinase in the midgut of *Spodoptera frugiperda*. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, v. 35, n. 11, p. 1249-1259, 2005.

BROCHADO, M. R. et al. Aproveitamento do resíduo agroindustrial da goiaba (*Psidium guajava* L.) na alimentação animal. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 2018.

BRUSCA, R. C.; MOORE, W.; SHUSTER, S. M. *Invertebrados*. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018.

BURDUCEA, M. et al. Wheat and barley grass juice in carp feed. *Animals*, v. 12, n. 8, p. 1046, 2022.

BU, X. et al. Effects of fermented soybean meal on growth performance, digestive enzyme activities and intestinal morphology of aquatic animals. *Aquaculture Nutrition*, 2018.

CHI, F. H.; CHENG, W. P. Use of chitosan as coagulant. *Journal of Polymers and the Environment*, v. 14, p. 411–417, 2006.

CHO, C. Y.; SLINGER, S. J.; BAYLEY, H. S. Bioenergetics of salmonid fishes. *Comparative Biochemistry and Physiology*, v. 73, p. 25–41, 1982.

CHO, C. Y.; Slinger, S. J. Apparent digestibility measurement in feedstuffs for rainbow trout. *Proceedings of the World Symposium on Finfish Nutrition and Fishfeed Technology*, 1979.

CHO, K. H. et al. Effects of mealworm (*Tenebrio molitor*) larvae hydrolysate on nutrient ileal digestibility in growing pigs compared to those of defatted mealworm larvae meal, fermented poultry by-product, and hydrolyzed fish soluble. **Asian-Australasian Journal of Animal**

Sciences, v. 33, n. 3, p. 490, 2020.

COELHO, P. A.; RAMOS-PORTO, M. Sinopse dos crustáceos decápodes brasileiros. *Anais da UFRPE*, v. 8, p. 47–101, 1985.

CONDE, J. E. et al. Population and life history features of the crab *Aratus pisonii* (Decapoda: Grapsidae) in a subtropical estuary. **Interciencia**, v. 25, n. 3, p. 151-158, 2000.

CORREA, B. A. et al. Reaproveitamento de resíduos agroindustriais. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v. 9, n. 1, 2019.

COSTA, D.A.; FERREIRA, G.D.G.; ARAÚJO, C.V.;

COLODO, J.C.N.; MOREIRA, G.R.; FIGUEIREDO,

M.R.P. Consumo e digestibilidade de dietas com níveis de

torta de dendê para ovinos. *Revista Brasileira de Saúde e*

Produção Animal, Salvador, v.11, n.3, p.783-792, Jul./Set.

2010.

CRUZ, A. S. Aspectos da produção de *Macrobrachium amazonicum* no Brasil. 2020.

DA SILVA, R. R.; SAMPAIO, C. M. S.; SANTOS, J. A. Fecundity and fertility of *Macrobrachium amazonicum* (Crustacea, Palaemonidae). **Brazilian Journal of Biology**, v. 64, n. 3A, p. 489-500, 2004.

DAVID, G. S. et al. Avanços na produção e nutrição de camarões de água doce. 2021.

DAWOOD, M. A. O.; KOSHIO, S.; ISHIKAWA, M.; YOKOYAMA, S.; EL BASUINI, M.; HOSSAIN, M. S.; NANKERVIS, L.; MOSS, A. S.; DIAS, J. Effects of dietary supplementation of heat-killed *Lactobacillus plantarum* on growth performance, digestive enzymes, immune response and resistance to *Aeromonas hydrophila* in red sea bream (*Pagrus major*). *Fish & Shellfish Immunology*, v. 46, p. 326-336, 2015.

DA SILVA, G. M. F.; PANTOJA FERREIRA, M. A.; Von Ledebur, E. I. C. F.; Da Rocha, R.

M. Gonadal structure analysis of *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) from a wild population: A new insight into the morphotype characterization. **Aquaculture Research**, v. 40, n. 7, p. 798-803, 2009.

DABA, G. M.; MOSTAFA, F. A.; ELKHATEEB, W. A. The ancient koji mold (*Aspergillus oryzae*) as a modern biotechnological tool. **Bioresources and Bioprocessing**, v. 8, n. 1, p. 52, 2021.

DA SILVA SANTOS, Fábio Marcel et al. Digestive proteases from wild and farmed male morphotypes of the Amazon river prawn (*Macrobrachium amazonicum*). **Journal of Crustacean Biology**, v. 34, n. 2, p. 189-198, 2016.

DAMMANNAGODA, L. K. et al. Digestive enzyme genes in crayfish. *Aquaculture Nutrition*, v. 21, n. 6, p. 868–880, 2015.

- DANTAS, D. P. et al. Integração de camarão e tambaqui. *Aquaculture*, v. 516, 2020.
- DAWOOD, M. A.; KOSHIO, S. Fermentation in aquafeed. *Reviews in Aquaculture*, v. 12, p. 987–1002, 2020.
- DE ALMEIDA MARQUES, H. L.; MORAES-VALENTI, P. Current status of prawn farming. *Aquaculture Research*, v. 43, p. 984–992, 2012.
- DE ALMEIDA MARQUES, H. L. et al. Stocking densities in cage rearing of Amazon river prawn (*Macrobrachium amazonicum*) during nursery phases. ***Aquaculture***, v. 307, n. 3-4, p. 201-205, 2010.
- DREW, M. D.; BORGESON, T. L.; THIESSEN, D. L. A review of processing of feed ingredients to enhance diet digestibility in finfish. *Animal Feed Science and Technology*, v. 138, p. 118-136, 2007.
- DE OLIVEIRA, B. S.; NUNES, M. L. Avaliação de quitosana de caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*) como biofilme protetor em caju. ***Scientia Plena***, v. 7, n. 4, 2011.
- DE GRAVE, S. et al. *Carideorum catalogus*. Leiden: NCB Naturalis, 2011.
- DE MALTA, A. O.; ARAÚJO, R. C.; MEDEIROS, J. G. F.; COSTA, N. P.; SILVA, S. I. A. Produção da goiabeira (*Psidium guajava* L.) em sistema convencional e orgânico. *Pesquisa Agropecuária Pernambucana*, v.23, n.1, p.4, 2018.
- DOS SANTOS, A.; HAYD, Liliam; ANGER, Klaus. A new species of *Macrobrachium* Spence Bate, 1868 (Decapoda, Palaemonidae), *M. pantanalense*, from the Pantanal, Brazil. ***Zootaxa***, v. 3700, n. 4, p. 534-546, 2013.
- DO VALE, D. A. et al. Chitosan-based edible films. *Journal of Polymers and the Environment*, v. 29, p. 694–706, 2021.
- EGGINK, K. M. et al. Chitin digestibility in fish. *Aquaculture Research*, v. 53, p. 5536–5546, 2022.
- ELSOD, M. M. A.; ELMANSY, E. A.; ABDELHAMID, S. A. Economic and non-seasonal source for production of chitin and chitosan. ***J. Chem. Rev.***, v. 4, n. 3, p. 222-240, 2022.
- FRANCHINI, A. C. et al. Integrated aquaculture systems. *Aquaculture*, v. 521, 2020.
- FRACALOSS, Débora Machado; CYRINO, Jose Eurico Possebon. *Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira*. 2012.
- FARIAS, S. A. A captura e o transporte do caranguejo-uçá no delta do Parnaíba no Piauí. *GEOPLAN Grupo de Pesquisa em Geoecologia e Planejamento Territorial: Universidade Federal de Sergipe*, 2012.
- FERREIRA, F. J. et al. Salinização do solo e desenvolvimento de meloeiro com a aplicação

de resíduo de caranguejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 359-364, 2011.

FURUYA, W. M. Tabelas Brasileiras para Nutrição de Tilápias. Toledo: GFM, 2011.

JAKOBSEN, G. V. et al. (2015) JAKOBSEN, G. V. et al. Processing of soybean meal and effects on nutritional quality for aquaculture feeds. 2015.

GHALY, A. E.; ALKOAİK, F. N. Yellow mealworm protein. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, v. 4, p. 319–331, 2009.

GLASER, M.; DIELE, K. Sustainability of crab fishery. *Ecological Economics*, v. 49, p. 361–373, 2004.

GUEST, M. A. et al. Mechanism for the small-scale movement of carbon among estuarine habitats: organic matter transfer not crab movement. **Oecologia**, v. 148, n. 1, p. 88-96, 2006.

GUERREIRO, L. R. et al. Avanços na produção de *Macrobrachium amazonicum* em sistemas de cultivo. 2024.

Guimarães, I. G., L. E. Pezzato, M. M. Barros, and R. d. N. Fernandes. 2012. Apparent nutrient digestibility and mineral availability of protein-rich ingredients in extruded diets for Nile tilapia. *Revista Brasileira de Zootecnia* 41: 1801-1808.

GIRARD, C.; JOUANIN, L. Molecular cloning of a gut-specific chitinase cDNA from the beetle *Phaedon cochleariae*. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, v. 29, n. 6, p. 549- 556, 1999.

GOOSEN, N. J. Chitin degradation and chitinases. *Microbiological Reviews*, 1997

HECKMANN, L.-H. et al. Sustainable mealworm production for feed and food. In: *Edible insects in sustainable food systems*. **Springer, Cham**, 2018. p. 321-328.

HELLER, C. Neue Crustaceen, gesammelt während der Weltumseglung der kaiserlichen Fregatte Novara. *Verhandlungen der Kaiserlich-Königlichen Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien*, 1862.

HENRY, M. et al. Review on the use of insects in the diet of farmed fish: past and future. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v. 203, p. 1-22, 2015.

HOLTHUIS, L. B. The Palaemonidae Collected by the Siboga and Snellius Expeditions. I. Subfamily Palaemoninae. 1950.

HOLTHUIS, L. B. A General Revision of the Palaemonidae (Crustacea Decapoda Natantia) of the Americas. Part II. 1952.

HUANG, Q.-S. et al. The GH18 family of chitinases: their domain architectures, functions and evolutions. **Glycobiology**, v. 22, n. 1, p. 23-34, 2012.

HUDSON, S. M.; SMITH, C. Polysaccharides: chitin and chitosan: chemistry and technology of their use as structural materials. In **Biopolymers from renewable resources** (pp. 96-118). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1998.

IMOROU TOKO, I.; FIOGBÉ, E. D.; KESTEMONT, P. Mineral status of juvenile vundu

catfish (*Heterobranchus longifilis*) fed soybean or cottonseed meals supplemented with phytase. *Aquaculture Nutrition*, 2008.

IACONISI, V. et al. *Tenebrio molitor* in fish diet. *Aquaculture*, v. 476, p. 49–58, 2017.

IBGE. Produção de cacau no estado do Pará. 2020.

ISKANDAR, M. J.; Baharum, A.; Anuar, F. H.; Othaman, R. Palm oil industry in South East Asia and the effluent treatment technology - A review. (2018).

Environmental Technology, Innovation, v. 9, p. 169–185.

IGWE, J. C. Palm oil mill effluent treatment. *Global Journal of Environmental Research*, v. 1, p. 54–62, 2007.

JIN, X. H. et al. Supplementation of dried mealworm (*Tenebrio molitor* larva) on growth performance, nutrient digestibility and blood profiles in weaning pigs. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.*, v. 29, n. 7, p. 979, 2016.

JASSAL, K. et al. Antifungal potential of guava leaves. *Archives of Phytopathology*, v. 54, p. 2034–2050, 2021.

Jobling, M. National Research Council (NRC): Nutrient requirements of fish and shrimp. *Aquacult Int* 20, 601–602 (2012). <https://doi.org/10.1007/s10499-011-9480-6>

JUÁREZ GUTIÉRREZ, M. E. et al. Nutrigenómica de larvas de pescado blanco de Pátzcuaro (*Chirostoma estor*) alimentadas con alimento vivo y microdietas, 2020.

KAPOOR, A. et al. Fruit pomace jams. *Journal of Food Measurement*, v. 17, p. 4267–4279, 2023.

KAISER, F. et al. Rapeseed proteins. *Reviews in Aquaculture*, v. 14, p. 1887–1911, 2022.

KARI, Z. A. et al. Soybean by-product in aquaculture. *Journal of Sustainability Science and Management*, v. 18, p. 179–202, 2023.

KRAMER, K. J.; MUTHUKRISHNAN, S. Insect chitinases: molecular biology and potential use as biopesticides. *Insect Biochem. Mol. Biol.*, v. 27, n. 11, p. 887-900, 1997.

KIEROŃCZYK, B. et al. Effects of replacing soybean oil with selected insect fats on broilers. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v. 240, p. 170-183, 2018.

KOBORI, C. N.; JORGE, N. Seed oils characterization. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 29, p. 1008–1014, 2005.

KUTTY, M. N. Sustainable freshwater prawn aquaculture. 2005.

LANDAU, E. C.; MARTINS, J. L. A.; SILVA, G. A. Evolução da produção de goiaba (*Psidium guajava*, Myrtaceae). Embrapa Milho e Sorgo-Capítulo em livro científico (ALICE), 2020.

LEE, K.; LEE, S. K.; LEE, B. D. *Aspergillus oryzae* as probiotic in poultry-A review. *Int. J. Poult. Sci.*, v. 5, n. 1, p. 1-3, 2006.

L.; QUEIROGA, R. C. E.; SOUSA, S.; SILVA, A. C. R.; LORENZO, J. L. The impact of dietary supplementation with guava (*Psidium guajava* L.) agroindustrial waste on growth performance and meat quality of lambs. *Meat Science*. v. 164, p.108105, 2020.

LI, P. et al. New developments in fish amino acid nutrition: towards functional and environmentally oriented aquafeeds. **Amino Acids**, v. 37, n. 1, p. 43-53, 2009.

LI, L.; ZHAO, Z.; LIU, H. Feasibility of feeding yellow mealworm (*Tenebrio molitor* L.) in bioregenerative life support systems as a source of animal protein for humans. **Acta Astronaut.**, v. 92, n. 1, p. 103-109, 2013.

LIMA, J.; MIRANDA FILHO, K. C. Nutrição e manejo alimentar de camarões dulcícolas. 2024.
MACIEL, C. R.; VALENTI, W. C. Biology of *Macrobrachium amazonicum*. *Nauplius*, v. 17, p. 61–79, 2009.

MAIA, M. N. et al. Coprodutos agroindustriais. *Brazilian Journal of Development*, v. 8, p. 1738–1747, 2022.

MAGALHAES, C. Desenvolvimento larval obtido em laboratório de palaemonídeos da Região Amazônica. I. *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Crustacea, Decapoda). **Amazoniana**, v. 9, n. 2, p. 247-274, 1985.

MARÇAL, A. D. F. Açúcares de resíduos do dendê. 2015. Dissertação – UFPA.

MARQUES, H. L. A. et al. Manual de cultivo do camarão-da-amazônia (*Macrobrachium amazonicum*). 2020.

MELO, A. G. Manual de identificação de crustáceos. São Paulo: Loyola, 2003.

MELO, M.S.; NAKAGAKI, J.M. Evaluation of the feeding habits of *Macrobrachium brasiliense* (Heller, 1862) in the Curral de Arame stream (Dourados/Mato Grosso Do Sul, Brazil). **Nauplius**, v. 21, n. 1, p. 25-33, 2013.

MERZENDORFER, H. Insect-derived chitinases. **Yellow Biotechnology II**, p. 19-50, 2013.

MIGLIETTA, P. P. et al. Mealworms for food: a water footprint perspective. *Water*, v. 7, n. 11, p. 6190-6203, 2015.

MORAES-RIODADES, P.M.C. & VALENTI, W.C. (2001) Freshwater prawn farming in Brazilian Amazônia shows potential for economic and social development. *Global Aquaculture Advocate* 4, 73-74.

MORAES-VALENTI, P. MC; VALENTI, W. C. Effect of intensification on grow out of the Amazon River prawn, *Macrobrachium amazonicum*. **J. World Aquacult. Soc.**, v. 38,

n. 4, p. 516-526, 2007.

MORAES-RIODADES, P. M. C.; VALENTI, W. C. Biology of *Macrobrachium amazonicum* and its potential for aquaculture. 2004.

MORAES-VALENTI, P. et al. Population development of prawn. *Aquatic Biology*, v. 9, p. 291–301, 2010.

MULATI, D. Use of insect meal in aquaculture feeds: a review. 2017.

NEW, M. B. Freshwater prawn farming. *Aquaculture Research*, v. 36, p. 210–230, 2005.

NEW, M. B.; VALENTI, W. C.; TIDWELL, J. H.; D'ABRAMO, L. R.; KUTTY, M. N. *Freshwater Prawn Culture: The Farming of Macrobrachium rosenbergii*. Oxford: Blackwell Science, 2000.

NIBA, A. T.; BEAL, J. D.; KUDI, A. C.; BROOKS, P. H. Potential of bacterial fermentation as a biosafe method of improving feeds for pigs and poultry. *African Journal of Biotechnology*, v. 8, n. 9, p. 1758–1767, 2009.

NOBRE, P.; MUNEKATA, P. E. S.; COSTA, R. G.; CARVALHO, F. R.; RIBEIRO, N.

NG, W. K. Palm oil in aquafeeds. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, v. 11, p. S473–S476, 2002.

NOBRE et al. (2020) NOBRE, R. G. et al. Aproveitamento do resíduo agroindustrial da goiaba na alimentação animal: composição química e potencial nutricional. *Research, Society and Development*, 2020.

NOWAK, V. et al. Review of food composition data for edible insects. **Food Chem.**, v. 193, p. 39-46, 2016.

NRC. *Nutrient Requirements of Fish*. Washington, DC: National Academy Press, 1993.

OBIRIKORANG, K. A. et al. Soybean meal in tilapia. *Aquaculture Research*, v. 51, p. 3520–3532, 2020.

ODINETZ-COLLART, O. Aspectos ecológicos do camarão-da-amazônia *Macrobrachium amazonicum* na Amazônia Central. 1988.

ODINETZ-COLLART, O. Ecologia e biologia reprodutiva de *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) na Amazônia Central. 1993.

OLIVEIRA, A. T. et al. Digestibilidade de ingredientes alternativos para camarões dulcícolas. 2021.

OONINCX et al. (2012) OONINCX, D. G. A. B.; VAN ITTERBEECK, J.; HEETKAMP, M. J. W.; VAN DEN BRAND, H.; VAN LOON, J. J. A.; VAN HUIS, A. An exploration on

greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption. PLoS ONE, v. 5, 2010/2012.

ODINETZ-COLLART, O. & MOREIRA, L. C. Potencial pesqueiro de *Macrobrachium amazonicum*: variação da abundância e comprimento. Amazoniana, p. 399-413, 1993.

OONINCX, D. G. A. B. et al. Insect protein emissions. PLoS One, v. 5, e14445, 2010.

PANTALEÃO, J.; HIROSE, G.; COSTA, R. Occurrence of male morphotypes of *Macrobrachium amazonicum* (Caridea, Palaemonidae) in a population with an entirely freshwater life cycle. **Braz. J. Biol.**, v. 74, n. 3 Suppl 1, p. S223-S232, 2014.

PANSERAT, S.; KAUSHIK, S. J. Regulation of gene expression by nutritional factors in fish. **Aquacult. Res.**, v. 41, n. 5, p. 751-762, 2010.

PEZZATO, L. et al. Relação energia: proteína. Acta Scientiarum, v. 25, p. 235–241, 2003.

PRETO, B. L. et al. Population structure of prawn. Aquaculture, v. 307, p. 206–211, 2010.

PICOLO, G. Digestibilidade aparente de ingredientes proteicos para camarões de água doce. Dissertação de Mestrado, 2013.

PORIA, V. et al. Perspectivas atuais sobre enzimas quitinolíticas e suas aplicações agroindustriais. **Biologia**, v. 10, n. 12, p. 1319, 2021.

PROESPRAIWONG, P.; TASSANAKAJON, A.; RIMPHANITCHAYAKIT, V. Chitinases from the black tiger shrimp *Penaeus monodon*: phylogenetics, expression and activities. **Comp. Biochem. Physiol. B Biochem. Mol. Biol.**, v. 156, n. 2, p. 86-96, 2010.

PUNIA, S. et al. *Aspergillus oryzae* fermented rice bran: A byproduct with enhanced bioactive compounds and antioxidant potential. **Foods**, v. 10, n. 1, p. 70, 2020.

QUEIROZ, L. D. et al. Cellulose digestion in prawn. Aquaculture Reports, v. 33, 2023.

Queiroz, A.G., França, L. & Ponte, M. X. (2012). The life cycle assessment of biodiesel

from palm oil (“dendê”) in the Amazon. Biomass and Bioenergy, v. 36, p. 50

59.

RAMALHO-ORTIGAO, J. M.; TRAUB-CSEKÖ, Y. M. Molecular characterization of L1chit1, a midgut chitinase cDNA from the leishmaniasis vector *Lutzomyia longipalpis*. **Insect Biochem. Mol. Biol.**, v. 33, n. 3, p. 279-287, 2003.

RAMOS-ELORDUY et al. (2014) RAMOS-ELORDUY, J. et al. Nutritional value of edible insects from the state of Oaxaca, Mexico. 2014.

RAFINESQUE (1815) RAFINESQUE, C. S. Analyse de la Nature ou Tableau de l'Univers et des Corps Organisés. Palermo, 1815.

RIBEIRO, M. S. G.; FERNANDES, M. E. B. Resíduos de caranguejo. Inclusão Social, v. 12, 2018.

ROCHA, C. P. et al. Digestive enzyme genes. Acta Scientiarum, v. 44, 2022.

- ROCHA, M. A. et al. Nutrigenômica aplicada à aquicultura: efeitos da dieta sobre a expressão gênica em organismos aquáticos. 2021.
- ROSTAGNO, H. S., et al. Tabelas brasileiras para suínos e aves: composição de alimentos e exigências nutricionais 3rd ed. *UFV-DZO, Viçosa, MG, Brasil*, 2011.
- ROSSI, N. et al. Panorama da carcinicultura continental e cultivo de *Macrobrachium amazonicum* no Brasil. 2020.
- SANTOS, A. L. S. S.; ALVES, M. M.; PIMENTEL, Z. M. N. P. Adição de resíduos de caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) em concreto para pré-moldados: sustentabilidade para os atores da cadeia produtiva na costa norte da Amazônia brasileira. **Res. Soc. Dev.**, v. 9, n. 9, p. e927998259-e927998259, 2020.
- SZCZEPAŃSKI, A. et al. Lupin protein. *Aquaculture Reports*, v. 26, 2022.
- SHEN, Zhicheng; JACOBS-LORENA, Marcelo. Characterization of a novel gut-specific chitinase gene from the human malaria vector *Anopheles gambiae*. **Journal of Biological Chemistry**, v. 272, n. 46, p. 28895-28900, 1997.
- SILVA, B. C. et al. Improved digestion and initial performance of whiteleg shrimp using organic salt supplements. **Aquaculture Nutrition**, v. 22, n. 5, p. 997-1005, 2016.
- SIEMIANOWSKA, E. et al. Larvae of mealworm (*Tenebrio molitor* L.) as European novel food. 2013.
- SILVA (1990) SILVA, D. J. *Análise de Alimentos: Métodos Químicos e Biológicos*. 2. ed. Viçosa: UFV, 1990.
- SIDDIK, M. A. B.; HOWIESON, J.; FURTADO, P.; PARTRIDGE, G. J. Enzymatic fishmeal replacement in aquaculture feeds: a review. *Reviews in Aquaculture*, 2018.
- SCHMIDT, Anders Jensen. Ritmos de acasalamento e habitat de recrutamento do caranguejo-uçá (*Ucides Cordatus*) e suas implicações para a gestão em manguezais de Caravelas, BA. 2012.
- SONG, Y.-S. et al. Extraction of chitin and chitosan from larval exuvium and whole body of edible mealworm, *Tenebrio molitor*. **Entomological Research**, v. 48, n. 3, p. 227-233, 2018.
- SOUZA-NETO, J. A.; GUSMÃO, D. S.; LEMOS, F. JA. Chitinolytic activities in the gut of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) larvae and their role in digestion of chitin-rich structures. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 136, n. 3, p. 717-724, 2003.
- SUGIURA, S. H.; DONG, F. M.; RATHBONE, C. K.; HARDY, R. W. Apparent protein digestibility and mineral availability in various feed ingredients for salmonids. *Aquaculture*, 1998.
- TSUJI, A.; KIKUCHI, Y.; MATSUMOTO, M. Method for determination of chitin. 1969.
- UNNIKRISHNAN, U.; PAULRAJ, R. Dietary protein requirement of giant mud crab *Scylla serrata* juveniles fed iso-energetic formulated diets having graded protein levels. **Aquaculture Research**, v. 41, n. 2, p. 278-294, 2010.

VAN BROEKHOVEN, S. et al. Growth performance and feed conversion efficiency of three edible mealworm species (Coleoptera: Tenebrionidae) on diets composed of organic by-products. **Journal of insect physiology**, v. 73, p. 1-10, 2015.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, v. 74, n. 10, p. 3583–3597, 1991.

VELDKAMP, T.; BOSCH, G. Insects as feed. *Animal Frontiers*, v. 5, p. 45–50, 2015.

VETORELLI, M. P. Viabilidade técnica e econômica da larvicultura do camarão-da-amazônia, *Macrobrachium amazonicum*, em diferentes densidades de estocagem. Dissertação de Mestrado. Centro de Aquicultura da UNESP. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 89 p, 2004.

VILLALON, J. M.; GHOSH, A.; JACOBS-LORENA, M. The peritrophic matrix limits the rate of digestion in adult *Anopheles stephensi* and *Aedes aegypti* mosquitoes. **Journal of insect physiology**, v. 49, n. 10, p. 891-895, 2003.

WATARAI, N. et al. Evolution of *Aspergillus oryzae* before and after domestication inferred by large-scale comparative genomic analysis. **DNA Research**, v. 26, n. 6, p. 465-472, 2019.

WILLIAMS, C. H.; DAVID, D. J.; IISMAA, O. The determination of chromic oxide in faeces samples by atomic absorption spectrophotometry. *Journal of Agricultural Science*, 1979.

WOLFF, M.; KOCH, V.; ISAAC, V. A trophic flow model of the Caeté mangrove estuary (North Brazil) with considerations for the sustainable use of its resources. **Estuarine, coastal and shelf science**, v. 50, n. 6, p. 789-803, 2000.

WU, Y. V.; MUIR, A. D. Effect of solid-state fermentation on nutritional quality of plant feed ingredients. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2008.

YANG, F.; HANNA, M. A.; SUN, R. Value-added uses for crude glycerol—a byproduct of biodiesel production. *Biotechnology for Biofuels*, 2015.

YEUL, V. S.; RAYALU, S. S. Unprecedented chitin and chitosan: A chemical overview. **Journal of Polymers and the Environment**, v. 21, p. 606-614, 2013.

YOO, G.; KIM, H.; LEE, S.; et al. Effects of fermentation on nutritional quality and digestibility of feed ingredients used in aquaculture. *Aquaculture Reports*, 2019.

ZHANG, J. et al. Molecular characterization and expression analysis of chitinase (Fcchi-3) from Chinese shrimp, *Fenneropenaeus chinensis*. **Molecular biology reports**, v. 37, n. 4, p. 1913-1921, 2010.

ZHANG, Q. et al. Establishment of successive co-fermentation by *Bacillus subtilis* and *Acetobacter pasteurianus* for extracting chitin from shrimp shells. **Carbohydrate Polymers**, v. 258, p. 117720, 2021.

ZHU, K. Y. et al. Biosynthesis, turnover, and functions of chitin in insects. **Annual review of entomology**, v. 61, p. 177-196, 2016.

