



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR – LABOMAR
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS MARINHAS TROPICAIS

RAIMUNDO NONATO GOMES DA SILVA

**AVALIAÇÃO DA FARINHA DE GLÚTEN DE TRIGO COMO AGLUTINANTE
NATURAL EM DIETAS PARA ALIMENTAÇÃO DE JUVENIS DO CAMARÃO
BRANCO *Litopenaeus vannamei* CULTIVADOS EM ÁGUA VERDE**

FORTALEZA

2016

RAIMUNDO NONATO GOMES DA SILVA

**AVALIAÇÃO DA FARINHA DE GLÚTEN DE TRIGO COMO AGLUTINANTE
NATURAL EM DIETAS PARA ALIMENTAÇÃO DE JUVENIS DO CAMARÃO
BRANCO *Litopenaeus vannamei* CULTIVADOS EM ÁGUA VERDE**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ciências Marinhas Tropicais.

Orientador: Prof. Dr. Alberto Jorge Pinto Nunes.

FORTALEZA

2016

RAIMUNDO NONATO GOMES DA SILVA

**AVALIAÇÃO DA FARINHA DE GLÚTEN DE TRIGO COMO AGLUTINANTE
NATURAL EM DIETAS PARA ALIMENTAÇÃO DE JUVENIS DO CAMARÃO
BRANCO *Litopenaeus vannamei* CULTIVADOS EM ÁGUA VERDE**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ciências Marinhas Tropicais.

Aprovada em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Alberto Jorge Pinto Nunes (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Felipe do Nascimento Vieira
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Dr. Rubens Galdino Feijó
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Silva, Raimundo Nonato Gomes da.

Avaliação da farinha de Glúten de trigo como aglutinante natural em dietas para alimentação de juvenis do camarão branco *Litopenaeus vannamei* cultivados em água verde. / Raimundo Nonato Gomes da Silva. – 2016.

49 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Fortaleza, 2016.

Orientação: Prof. Dr. Alberto Jorge Pinto Nunes .

1. Farinha de glúten de trigo. 2. *Litopenaeus vannamei*. 3. Aglutinante. 4. Dietas experimentais. 5. Desempenho zootécnico. I. Título.

CDD 551.46

A Deus.

Aos meus pais Maria de Jesus e José Gleides.

A minha avó materna Nair dos Santos.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela saúde, paz e alegria que me proporciona diariamente.

A meu orientador, Professor Alberto Nunes, pela excelente orientação, prestatividade, atenção e por me ajudar a expandir a minha visão sobre a ciência.

A minha avó Nair dos Santos por sempre acreditar em mim com pessoa.

A minha mãe Maria de Jesus, por todo apoio, amor, força, investimentos, ensinamentos e por toda educação, a qual serei grato por toda minha vida.

Aos meus familiares Rodrigo, Beatriz, Adna, Michelle, Max, Tatyane, Nádia, que sempre torceram pelo meu sucesso.

Aos amigos do Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos - LANOA: Sandra, Junior, Felipe, Paulo, Hélio, Cristiano, Matheus, Luís Paulo, Andensor, Autur, Hiago, Callile e Hassan pela amizade e por contribuir diretamente para o sucesso deste projeto.

A Tereos pelo apoio e por disponibilizar o produto da pesquisa (Amytex100, Tereos Syral SAS, Marckolsheim, França).

A Evonik Degussa do Brasil Ltda. e Evonik Industries AG pelo apoio e realização das análises químicas dos ingredientes e das dietas utilizadas neste experimento.

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAPE), pela bolsa de pesquisa concedida.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas graças a Deus, não sou o que era antes” (Marthin Luther King).

RESUMO

Este estudo teve como objetivo avaliar, do ponto de vista zootécnico e econômico, o uso da farinha de glúten de trigo como aglutinante natural em dietas para alimentação de juvenis do camarão *L. vannamei* cultivados em água verde em substituição a um aglutinante sintético. O cultivo durou 70 dias, sendo utilizados 25 tanques independentes de 1 m³, mantidos ao ar livre, cada um equipado com entrada e saída individual de água, com renovação (14,2% ao dia) e aeração contínua de água. Os camarões foram alimentados diariamente, às 07:00, 10:00, 13:00 e 16:00 horas, exclusivamente em bandejas de alimentação. O teor de umidade das dietas alcançou uma média de $8,22 \pm 0,69$ ($P < 0,05$). Por outro lado, a dureza dos *pellets* não variou entre as dietas. A dieta comercial apresentou maior dureza ($4,92 \pm 1,18$ kg) comparada às dietas experimentais ($3,35 \pm 0,85$ kg). A estabilidade física da dieta controle (CTL), dieta com 1,5 % de glúten de trigo (AMY1.0) e dieta comercial (COM) variou entre 88,5 e 92,5%, estatisticamente superior a dieta com 3,0 % de glúten de trigo (AMY3.0) e a dieta com 5,0 de glúten de trigo (AMY5.0) 74,8 e 58,1%, respectivamente. A sobrevivência dos camarões variou de um mínimo de $71,1 \pm 9,3\%$ AMY5.0 a um máximo de $95,0 \pm 3,3\%$ CTL. No entanto, não houve efeito dietético sobre as variáveis de crescimento dos camarões ou fator de conversão alimentar (FCA). O ganho de peso semanal ($1,48 \pm 0,03$ g), o ganho de peso percentual ($925 \pm 17\%$), a taxa de crescimento específico ($3,53 \pm 0,03\%$), e o consumo de ração ($22,3 \pm 0,1$ g/camarão) não variou estatisticamente entre os tratamentos experimentais ($P > 0,05$). Embora a dieta AMY1.5 foi a que proporcionou o melhor resultado economicamente, não foi possível estabelecer diferença estatisticamente significativa na receita bruta, lucro bruto e ROI ao compará-la com as dietas CTL e AMY3.0 ($P > 0,05$). Em geral, as dietas experimentais mostraram-se com menor dureza, diâmetro e comprimento comparado a dieta comercial. Níveis mais elevados da farinha de glúten de trigo não produziu efeitos positivos na absorção de água ou na lixiviação. O crescimento corporal dos camarões não foi afetado pelo tratamento dietético. Verificou que uma combinação de 1,5% de farinha de glúten de trigo associado com 0,4% de aglutinante sintético leva a uma alta estabilidade física da dieta, além de um melhor desempenho zootécnico e econômico no cultivo de juvenis do *L. vannamei*.

Palavras-chave: Farinha de glúten de trigo, *Litopenaeus vannamei*, aglutinante, dietas experimentais, estabilidade física, desempenho zootécnico.

ABSTRACT

This aim of this study was evaluate the zootechnical and economic parameters, the use of wheat gluten flour as a natural binder in diets for the juvenile white shrimp *L. vannamei* grown in green water to replace a synthetic binder. The cultivation lasted 70 days, 25 independent tanks of 1m³ was used, outdoor system, each tank was equipped with individual inlet and outlet water, renovation (14.2% daily) and continuous aeration of water. The shrimps were fed daily at 07:00, 10:00, 13:00 and 16:00, exclusively on feed trays. The average moisture content of the diets reached to 8.22 ± 0.69 ($P < 0.05$). On the other hand, the hardness of the pellets did not differ between treatments. The commercial feed shown the highest hardness (4.92 ± 1.18 kg) compared to the experimental diets (3.35 ± 0.85 kg). The physical stability of the control diet (CTL), diet with 1.5% wheat gluten (AMY1.5) and commercial diet (COM) varied between 88.5 and 92.5%, and was statistically superior to 3.0% wheat gluten diet (AMY3.0) the diet with 5.0 wheat gluten (AMY5.0) diets with 74.8 and 58.1%, respectively. The final survival of shrimp ranged from a minimum of $71.1 \pm 9.3\%$ AMY5.0 to a maximum of $95.0 \pm 3.3\%$ CTL. However, the dietary effect there was no statistical difference on the growth variables of the shrimp or Factor Conversion Ratio (FCR). The weekly weight gain (1.48 ± 0.03 g), the percentage weight gain ($925 \pm 17\%$), the specific growth rate ($3.53 \pm 0.03\%$) and feed intake (22.3 ± 0.1 g / shrimp) did not differ statistically between the experimental treatments ($P > 0.05$). Although, the AMY1.5 diet provided the best result, economically, it was not possible to establish statistically significant difference in gross revenue, gross profit and ROI to compare it with the CTL and AMY3.0 diets ($P > 0.05$). In general, the experimental diets shown lowest hardness, diameter and length compared to commercial feed. Higher inclusion levels of wheat gluten flour produced no positive effect to reduce the water absorption and leaching. Body growth of the shrimp was not affected by dietary treatment. Found that a combination of 1.5% of wheat gluten flour associated with 0.4% synthetic binder leads to a high physical stability of the diet, in addition best results in the zootechnical performance and economical parameters of the juvenile white shrimp, *L. vannamei*.

Keywords: wheat gluten flour, *Litopenaeus vannamei*, binder, experimental diets, physical stability, zootechnical performance.

LISTA DE FOTOGRAFIAS

- Figura 1 – Dietas experimentais utilizadas no presente estudo..... 25
- Figura 2 – Determinação da resistência dos *pellets* usando um medidor de dureza Kahl (esquerda). Determinação do diâmetro e comprimento dos *pellets* com um paquímetro (direita)..... 27
- Figura 3 – Agitador orbital (esquerda) e peneira usada para reter a amostra de ração após movimentação horizontal por 30 minutos (direita)..... 28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Conteúdo proteico e perfil de aminoácidos essenciais dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais (% na matéria natural) obtido por cromatografia líquida de alta eficiência* ou espectroscopia no infravermelho próximo.....	21
Tabela 2 –	Composição dos ingredientes, custo de formula (US\$/ton.) e perfil bromatológico e energético das dietas controle e experimentais submetidas a uma substituição da farinha de glúten de trigo por um aglutinante sintético.....	22
Tabela 3 –	Composição aminoacídica das dietas experimentais (% da dieta, base seca). Valores projetados segundo o perfil de aminoácidos dos ingredientes utilizados.....	24
Tabela 4 –	Tabela de alimentação utilizada no presente estudo com juvenis do <i>L. vannamei</i>	30
Tabela 5 –	Temperatura em (°C) e teor de umidade (%) da partícula alimentar e das dietas acabadas durante a fabricação utilizando uma extrusora de laboratório. Os valores são apresentados como média (\pm desvio padrão) de três leituras tomadas durante a fabricação (exceto TPE, quatro leituras). Valores na mesma linha com letras diferentes são estatisticamente diferentes ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey HSD.....	33
Tabela 6 –	Características físicas das dietas experimentais e de uma ração comercial. Os valores médios (\pm desvio padrão) representam 30 medições, exceto o teor de umidade ($n = 5$). Os valores na mesma coluna com letras diferentes são estatisticamente diferentes ($P < 0,05$) de acordo com o teste de Tukey HSD.....	34
Tabela 7 –	Desempenho zootécnico de juvenis do camarão <i>L. vannamei</i> cultivado durante 70 dias na densidade de 71 camarões/m ² em tanques de 1 m ³ em água verde. Os valores na mesma coluna com letras diferentes são estatisticamente diferentes ($P < 0,05$) de acordo com o teste de Tukey HSD. Cinco tanques repetidos por tratamento foram considerados nas análises, exceto NEG que usou sete tanques.....	37
Tabela 8 –	Análise da relação custo benefício do uso da farinha de glúten de trigo em substituição parcial e total de um aglutinante sintético em dietas para o camarão <i>L. vannamei</i> . Cada valor representa a média (\pm desvio padrão) de cinco a seis tanques de cultivo. US\$1,0 = R\$ 3,5653 (fonte: Banco Central do Brasil, 06/05/2016). Letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa ($P < 0,05$) de acordo com o teste de Tukey HSD.....	39

LISTAS DE GRÁFICOS

- Gráfico 1 – Taxa de absorção de água e lixiviação de matéria seca das dietas experimentais e de uma ração comercial (COM) em dois períodos de imersão em água (1 e 3 horas). Os valores são apresentados como média (\pm erro padrão) de cinco amostras. Letras em comum indicam diferença estatística não significativa ($P > 0,05$) segundo o teste Tukey HSD..... 35
- Gráfico 2 – Estabilidade física em água das dietas experimentais utilizando um agitador horizontal (200 RPM, 35 g/L salinidade, 30 min., peneira com malha de 860 micras). Os valores são apresentados como média (\pm erro padrão) de cinco leituras. Letras em comum indicam diferença estatística não significativa ($P > 0,05$) segundo o teste Tukey HSD..... 36
- Gráfico 3 – Média (\pm erro padrão) do peso corporal (g) do camarão *L. vannamei* após 70 dias de cultivo. Cada coluna refere-se ao peso corporal médio de todos os camarões capturados, pesados individualmente na despesca. Letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa ($P < 0,05$) de acordo com o teste de Tukey HSD..... 38

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	.....	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	.....	15
2.1 Aglutinantes	.....	15
2.2 O uso do glúten de trigo	.....	16
3 MATERIAIS E MÉTODOS	.....	19
3.1 Local de estudo e desenho experimental	.....	19
3.2 Sistema de cultivo e estocagem dos camarões	.....	19
3.3 Formulação das dietas experimentais	.....	21
3.4 Fabricação das dietas experimentais	.....	25
3.5 Análises físicas das dietas	.....	26
3.6 Manejo e alimentação	.....	29
3.7 Desempenho zootécnico	.....	31
3.8 Avaliação econômica	.....	31
3.9 Análise estatística	.....	32
4 RESULTADOS	.....	33
4.1 Variáveis de fabricação das dietas	.....	33
4.2 Qualidade física das dietas	.....	34
4.3 Desempenho zootécnico	.....	36
4.4 Qualidade de água	.....	38
4.5 Retorno do investimento	.....	38
5 DISCUSSÃO	.....	40
6 CONCLUSÕES	.....	45
REFERÊNCIAS	.....	46

1 INTRODUÇÃO

Atualmente existe um aumento no consumo de proteína aquática oriunda da aquicultura. Isto tem impulsionado as fazendas aquícolas a produzirem cada vez mais rápido, com maiores produtividades e eficiência, para atender a demanda do mercado e manter-se competitivos (NUNES *et al.*, 2014). Os camarões marinhos estão entre as proteínas aquáticas mais consumidas no mundo. A tecnologia de produção destes crustáceos em cativeiro vem evoluindo desde a década de 60, tornado o cultivo mais rentável e produtivo. Dentre as espécies cultivadas, destaca-se o camarão-branco-do-pacífico, *Litopenaeus vannamei*. Somente em 2012, estima-se que a produção em cativeiro desta espécie alcançou 3,2 milhões de toneladas, cerca de 73,5% da produção mundial de camarões marinhos (FAO, 2014).

O camarão *L. vannamei* exibe um rápido crescimento aliado a uma alta sobrevivência. A espécie apresenta tolerância a uma ampla variação de salinidade da água e a diferentes densidades de estocagem. Estas características têm popularizado seu cultivo em diversos ambientes, levando a um processo de intensificação em alguns países. Hoje, mais de 2/3 de toda produção mundial de camarões é realizada mediante o uso de rações industrializadas (TACON *et al.*, 2011).

As rações para camarões são em sua maioria, fabricadas por peletização, possuem um alto teor de proteína, entre 25 e 40%, precisam ser atrativas e manter-se estáveis após imersão em água. Como consequência, as rações são constituídas por matérias primas, de origem vegetal e ou animal, contendo nutrientes que atendam às exigências dos animais em energia, proteína, aminoácidos, lipídeos, ácidos graxos e minerais. Adicionalmente são incorporados, em baixas quantidades, micro ingredientes que podem incluir: suplementos e pré-misturas vitamínicas e minerais, preservantes e conservantes, atrativos e palatabilizantes, aminoácidos cristalinos e imuno estimulantes (HARDY, 2002).

A qualidade das rações é dependente da qualidade das matérias primas, da composição e do processamento das rações (TAM *et al.*, 1997). Nas rações industriais, a estabilidade física dos *pellets* é considerada um parâmetro indicativo na sua qualidade física. Os *pellets*, de afundamento rápido na coluna d'água, precisam manter-se íntegros por longos períodos especialmente para reduzir as perdas de compostos solúveis, tais como vitaminas e aminoácidos cristalinos durante a alimentação dos camarões (CHAMBERLAIN, 1996). Além do mais os camarões peneídeos são comedores lentos e manipulam os *pellets* por longos períodos antes da ingestão alimentar (NUNES, 1997). Por isso as rações para camarões marinhos devem possuir boa estabilidade física na água de cultivo.

Como resultado, as rações devem conter aglutinantes sintéticos, como a polimetilcarbamina ou a ureia formaldeído, ou naturais como o amido e seus subprodutos, incluindo a dextrina, os alginatos obtidos a partir de macroalgas marinhas e os derivados da celulose e carboximetilcelulose (HARDY, 2002). A maioria dos fabricantes de rações para camarões utilizam aglutinantes à base de ureia formaldeído combinado com inclusões de 25% ou mais de farinha de trigo ou subprodutos. Estas condições encarecem em demasiado o custo das rações para camarões marinhos.

Neste sentido se faz necessário a realização de pesquisas que visem trazer alternativas para uso de aglutinantes naturais em substituição aos sintéticos. Este estudo teve como objetivo avaliar, do ponto de vista zootécnico e econômico, o uso da farinha de glúten de trigo vital como aglutinante natural em dietas para alimentação de juvenis do camarão *L. vannamei* cultivados em água verde em substituição a um aglutinante sintético.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aglutinantes

Os aglutinantes servem para agregar as partículas alimentares que compõem a ração, sem interferir no valor nutricional. A inclusão de aglutinantes promove a melhoria da estabilidade física da ração peletizada em água (ROSAS *et al.*, 2008), pois os *pellets* irão sofrer menor desintegração física, minimizando assim o processo de lixiviação dos nutrientes da ração (GUEVARA *et al.*, 2013). Os aglutinantes são selecionados levando-se em consideração critérios como: a capacidade de aglutinação de partículas alimentares, a produção em larga escala, a ampla disponibilidade no mercado, o baixo preço e a aceitabilidade da ração pelos camarões marinhos (DOMINY, *et al.*, 2004).

No mercado existem vários tipos de aglutinantes sintéticos, como a polimetilcarbamina e a ureia formaldeído, ou os naturais como o amido e seus subprodutos, incluindo a farinha de glúten de trigo, a dextrina, os alginatos obtidos a partir de macroalgas marinhas e os derivados da celulose e carboximetilcelulose (HARDY, 2002). Todos estes aglutinantes já foram testados quanto à capacidade de promover a estabilidade física de rações (LIM *et al.*, 1994). Entretanto, devido ao grande número possível de combinações em formulações, tanto em termos de inclusão como em relação ao tipo de ingrediente, torna-se inviável comparar aglutinantes em rações industriais levando-se em consideração apenas a estabilidade física em água (VOLPE *et al.*, 2012). Os aglutinantes aumentam a dureza dos *pellets* diminuindo a quantidade de finos produzidos durante o armazenamento, o transporte e o manuseio das rações (NRC, 2011). Entretanto, é importante salientar que rações muito duras podem dificultar a ingestão e a digestão realizadas pelos camarões marinhos.

A inclusão de aglutinantes naturais em rações para camarões é particularmente importante quando se reduz as inclusões de farinha de trigo. A farinha de trigo é utilizada em rações para camarões marinhos, primordialmente, com o intuito de melhorar a estabilidade física de *pellets*. Esta medida reduz as perdas nutritivas da ração em água, já que os *pellets* passam a apresentar maior dureza e estabilidade física, reduzindo as perdas dos *pellets* com finos ou com a sua desintegração na água (MENDOZA *et al.*, 2001; NUNES *et al.*, 2006).

Na literatura existem alguns estudos, que avaliaram o efeito de vários tipos de aglutinantes sintéticos e naturais, sobre o desempenho zootécnico de crustáceos. Um bom exemplo são os aglutinantes naturais do amido, como a farinha de glúten de trigo, a pectina, a

celulose, o ágar e os oriundos de algas marinhas, que além de não serem tóxicos aos animais aquáticos, estão disponíveis em abundância como matéria prima na natureza. Estes aglutinantes estão ganhando grande atenção pelos pesquisadores que trabalham com nutrição de camarões marinhos. Este interesse tem levado as empresas de micro ingredientes para ração de camarões marinhos a investirem nos aglutinantes naturais (VOLPE *et al.*, 2010).

Vários estudos têm mostrado a eficiência no desempenho zootécnico de camarões alimentados com dietas contendo diferentes fontes de produtos da farinha de glúten de trigo (SHIAU *et al.*, 1991). Em pós-larvas do camarão gigante da Malásia, *Macrobrachium rosenbergii*, a farinha de glúten de trigo e o farelo de mandioca mostraram-se mais eficazes como aglutinantes naturais em comparação com ágar, pois proporcionaram um maior ganho de peso corporal dos indivíduos (FILHO *et al.*, 1997).

2.2 O uso do glúten de trigo

A expressão glúten deriva da palavra latina "cola" e pode ser definido como uma massa proteica de borracha que permanece, quando o trigo é processado. Esta massa é lavada com água ou solução de sal para remover solúveis constituintes e grânulos de amido (SCHERF *et al.*, 2016). Este procedimento de fabricação do glúten de trigo foi descrito pela primeira vez em 1728 por um químico italiano chamado Beccari (BAILEY, 1941). No Brasil, até recentemente o trigo não era utilizado em rações para animal, devido seu alto custo de produção e também pela disponibilidade de outros ingredientes alternativos. Normalmente, o grão integral do trigo só é destinado ao consumo animal quando possui classificação inferior. Entretanto, devido aos altos preços do milho, principalmente em épocas de entressafra, o trigo passou a ser uma opção em potencial como alternativa ao milho e a soja na alimentação de organismos terrestres e aquáticos.

O glúten de trigo é um ingrediente proteico obtido a partir do processamento do trigo, depois da extração do amido. O processo de secagem controlada, que é utilizado no seu processamento, mantém as suas propriedades funcionais (DAY *et al.*, 2006). Os seus carboidratos são oriundos principalmente desse processo, ao invés dos polissacarídeos e açúcares comumente encontrados nas plantas oleaginosas e legumes (KNUDSEN, 1997).

Nos últimos anos houve uma ascensão da farinha de glúten de trigo como aglutinante no mercado, passando a ser considerada como uma boa opção em inclusões nas formulações de rações para peixes e camarões marinhos (HERTRAMPF, 2007).

O glúten de trigo é produzido em larga escala em todo o mundo. É um ingrediente significativo na indústria de alimentos e um item importante do comércio mundial (BOLAND *et al.*, 2005). O glúten de trigo ou amidos tem um valor nutritivo para os animais aquáticos, quando utilizado como aglutinante é inerte, sendo incluído nas rações para aumentar a sua estabilidade física na água (SINHA *et al.*, 2011).

As proteínas que compõem o glúten de trigo são proteínas de armazenamento, que desempenham importantes funções vitais nos animais aquáticos (SHEWRY, 1999), sendo constituída de dois tipos, a gliadina solúvel em álcoois aquosos e a glutenina insolúvel em álcoois aquosos (APPER *et al.*, 2013). Estas proteínas conferem propriedades coesivas, viscosas e elásticas ao glúten de trigo (DAY *et al.*, 2006). Devido a sua viscoelasticidade, o glúten de trigo pode atuar como um aglutinante natural e substituir parcialmente os aglutinantes sintéticos utilizados em rações extrusada para peixes (STOREBAKKEN *et al.*, 2000). Assim, glúten de trigo forma uma rede coesiva forte para aglutinar os outros ingredientes, proporcionando estabilidade física a ração, melhoria do índice de dureza e conseqüentemente uma maior durabilidade dos *pellets* em água (SORENSEN *et al.*, 2012).

Devido as suas características específicas e nutricionais o glúten de trigo torna os *pellets* mais estáveis na água, pois acontece um aumento na dureza da ração. A partir desse momento o glúten de trigo passou a ser visto como uma fonte de aglutinante natural em rações para organismos aquáticos, tornando uma boa opção de aglutinação dos ingredientes que compõem as rações industriais (ZHOU *et al.*, 2007).

Além disso, o glúten de trigo tem sido testado durante alguns anos como uma fonte alternativa barata de aglutinante natural em pesquisas de nutrição para camarões marinhos (HERTRAMPF, 2007). Isto pode ser comprovado no estudo onde foi testado o efeito de seis diferentes tipos de aglutinantes naturais: (ágar, alginato de sódio, glúten de trigo, amido de mandioca, amido de gelatina, farinha de alga marinha). O glúten de trigo juntamente com o alginato de sódio obteve os melhores resultados em desempenhos na estabilidade física, absorção e lixiviação dos nutrientes. Sendo o glúten de trigo recomendado com aglutinante natural em ração peletizada para reprodutores *L. vannamei* (GUEVARA *et al.*, 2013). Além de ser uma fonte boa e barata de aglutinante para organismos aquáticos o glúten de trigo é considerado seguro, no que diz respeito a possíveis contaminantes, que podem ser encontrados na composição centesimal de alguns aglutinantes sintéticos.

Uma alerta de segurança alimentar foi emitida nos Estados Unidos da América no ano de 2007. Isso aconteceu, porque ocorreu uma contaminação por melanina em um

conhecido aglutinante sintético utilizado nas formulações de ração para camarões marinhos. Segundo o Jornal The New York Times esta contaminação gerou a morte de certo número de gatos e cães, trazendo à tona a discussão sobre a segurança alimentar dos animais, e das pessoas que consomem os camarões alimentados com a ração que utiliza este tipo de aglutinante em sua composição centesimal.

Neste sentido se faz necessário a realização de pesquisas que visem trazer alternativas de aglutinantes naturais em substituição aos aglutinantes sintéticos, já que no passado, aconteceu uma contaminação cruzada a um conhecido aglutinante sintético, bastante usado em formulações de rações para camarões marinhos, podendo comprometer assim, a segurança alimentar dos animais e conseqüentemente das pessoas que os consomem.

Este estudo teve como objetivo avaliar, do ponto de vista zootécnico e econômico, o uso da farinha de glúten de trigo como aglutinante natural em dietas para alimentação de juvenis do camarão *L. vannamei* cultivados em água verde em substituição a um aglutinante sintético.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Local de estudo e desenho experimental

Este estudo foi realizado nas instalações de cultivo experimental do Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos situado nas coordenadas 03°50'01.55"S e 38°25'22.74"W. O laboratório funciona no Centro de Estudos em Aquicultura Costeira (Eusébio, Ceará) do Instituto de Ciências do Mar (Labomar) da Universidade Federal do Ceará (UFC).

O estudo consistiu na avaliação de quatro dietas experimentais para camarões marinhos, variando a inclusão dietética de uma farinha de glúten de trigo vital (Amytex100, Tereos Syral SAS, Marckolsheim, França) em 1,5, 3,0 e 5,0% (% da dieta na base natural). O glúten foi utilizado em substituição a um aglutinante sintético comercial. Uma dieta, sem farinha de glúten de trigo, foi empregada como controle. As dietas foram formuladas para serem praticamente equivalentes em termos de composição de ingredientes e nutrientes.

Camarões juvenis da espécie *Litopenaeus vannamei* foram cultivados em 25 tanques de 1 m³, mantidos em área aberta, por um período de cultivo de 70 dias. Na despesca, os camarões foram contados, pesados e os parâmetros de desempenho zootécnico e o retorno sobre o investimento determinados.

3.2 Sistema de cultivo e estocagem dos camarões

O sistema de cultivo adotado neste estudo foi composto de 25 tanques circulares mantidos em área aberta, cada um equipado com uma entrada e saída individual de água, aeração e bandeja de alimentação. Todos os tanques tinham formato circular, de cor azul, fabricados de polipropileno com 1,14 m de diâmetro interno na parte inferior, de 0,74 m de altura, área de fundo de 1,02 m² e volume útil de 1 m³. O sistema foi exposto as condições e oscilações climáticas do local e a um ciclo de natural de luz de 12 h a partir de 05:45 h.

Aeração contínua da água de cultivo foi fornecida por dois sopradores de ar com 7,5 cv de potência (compressor radial modelo CR-08 MT, IBRAM Indústria Brasileira de Máquinas Ltda., São Mateus, São Paulo). Um sistema de difusão de ar feito com 1 m de mangueira micro perfurada (Aero-Tube™, Tekni-Plex Inc., Austin, Texas, EUA) foi acoplado na parte inferior de cada tanque, posicionado oposto a bandeja de alimentação.

A água do mar foi bombeada do estuário do Rio Pacoti, distante 350 m do laboratório, utilizando uma eletrobomba centrífuga com 5,0 cv de potência (modelo C8R8, linha JM, Bombas King, Caucaia, Ceará). Toda a água de captação foi filtrada através de um filtro de areia de 240 kg (areia quartz com 0,65 a 0,75 mm; filtro de areia para piscina modelo DFR-30, Dancor S.A. Indústria Mecânica, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro) com área filtrante de 0,45 m². Os tanques funcionaram com um fluxo contínuo de água, com uma troca diária de 14,4% do volume útil de cada tanque (100 mL/seg.). Um gerador a diesel de 150 kVA de potência (gerador Cummins modelo C150D5, Cummins Brasil Ltda., Guarulhos, São Paulo) como uma fonte emergencial em caso de falha de energia elétrica.

Os tanques experimentais foram inicialmente preparados mediante limpeza e escovação das paredes e fundo com água e uma solução de hipoclorito de sódio a 100 ppm. A água do mar utilizada para encher os tanques de cultivo não foi desinfetada, mas foi filtrada em filtro de areia antes do uso.

Foi utilizado camarões juvenis da espécie *Litopenaeus vannamei* trazido para o laboratório como pós-larva 10 de uma larvicultura comercial (Aquatec industrial Pecuária Ltda., Canguaretama, Rio Grande do Norte). Os camarões da linhagem comercial *Speed Line BR* foram obtidos de reprodutores livres de patógenos específicos (*Specific Pathogen Free, SPF*), sendo oficialmente certificadas por um veterinário como livre de doenças notificáveis a Organização Internacional de Epizootias (OIE).

Um total de 22.000 pós-larvas foram transportadas para o laboratório por via terrestre. No laboratório, os animais foram divididos equitativamente e povoados em três tanques berçários circulares com volume útil de 23 m³ (área inferior 15,9 m²). Os camarões foram cultivados com ração comercial durante 58 dias quando se alcançou um peso médio corporal entre 1 a 3 g.

Para início do estudo, um total de 1.800 camarões juvenis com $1,80 \pm 0,14$ g (1,60-1,99 g; cv = 7,5%) foram estocados na densidade de 71 camarões/m² nos tanques experimentais e aclimatados por dois dias empregando uma ração comercial. A partir do 3º dia, os animais passaram a ser alimentados com suas respectivas dietas experimentais.

3.3 Formulação das dietas experimentais

As dietas práticas para este estudo foram formuladas utilizando um software de formulação de custo mínimo, Feedsoft® (Feedsoft Corporation, Richardson, Texas, EUA). As matérias-primas e aditivos utilizados na composição das rações foram obtidas diretamente de fornecedores ou de fabricantes locais. Um saco contendo 50 kg de farinha de glúten de trigo (Syréal Bélgica N.V., lote # 011C089960) foi recebida da empresa Vogler Ingredients Ltda. (São Bernardo do Campo, São Paulo). Uma amostra foi coletada e encaminhada para análise de aminoácidos através de cromatografia líquida de alta eficiência (Evonik Industries AG, Hanau-Wolfgang, Alemanha). Todos os outros materiais proteicos utilizados na formulação foram enviados para análise por NIRS, espectroscopia no infravermelho próximo (Evonik Degussa Ltda., Guarulhos, São Paulo).

Tabela 1 – Conteúdo proteico e perfil de aminoácidos essenciais dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais (% na matéria natural) obtido por cromatografia líquida de alta eficiência* ou espectroscopia no infravermelho próximo.

Parâmetros	Far. de trigo	Far. de sangue	Far. peixe	Far. salmão	Far. visc. aves	Farelo soja	Glúten de trigo*
Matéria seca	87,46	91,49	93,08	84,23	95,24	88,59	93,25
Proteína							
bruta	11,07	85,24	58,14	59,37	61,80	46,33	78,71
Arginina	0,49	3,46	3,63	3,58	3,87	3,33	2,83
Histidina	0,25	4,87	1,20	1,52	1,27	1,24	1,57
Isoleucina	0,36	0,98	1,90	2,23	2,10	2,11	2,74
Leucina	0,74	10,7	3,48	3,97	3,93	3,52	5,39
Lisina	0,285	7,71	3,05	4,15	3,42	2,79	1,36
Metionina	0,16	1,11	1,25	1,56	1,13	0,61	1,22
Cistina	0,24	0,70	0,50	0,51	0,51	0,67	1,57
Met + Cis	0,40	1,86	1,75	2,06	1,71	1,28	2,79
Fenilalanina	0,50	6,06	1,98	2,13	2,24	2,37	3,95
Treonina	0,30	4,17	2,27	2,44	2,17	1,82	2,01
Triptofano	0,13	1,32	0,44	0,51	0,54	0,63	0,74
Valina	0,45	7,36	2,50	2,64	2,63	2,21	3,05

Cromatografia líquida de alta eficiência*

As dietas foram desenhadas para apresentar um perfil nutricional o mais similar possível, com uma variação mínima na composição de ingredientes e nutrientes. A farinha de glúten de trigo vital (Amytex100, Tereos Syral SAS, Marckolsheim, França) foi incluída ao custo da proteína da farinha de salmão, farinha de sangue, farinha de vísceras de aves e em menor extensão, da farinha de peixe nacional (Tabela 2).

Tabela 2 – Composição dos ingredientes, custo de formula (US\$/ton.) e perfil bromatológico e energético das dietas controle e experimentais submetidas a uma substituição da farinha de glúten de trigo por um aglutinante sintético.

Ingredientes	Preço ¹ (US\$/ton.)	Dietas (% da dieta, matéria natural).			
		CTL	AMY1.5	AMY3.0	AMY5.0
Farelo de soja	437	43,33	43,33	43,33	38,81
Farinha de trigo	385	27,28	27,19	26,87	27,29
Farinha de vísceras de aves	593	7,41	7,30	7,30	7,30
Farinha de peixe nacional	796	7,00	6,47	6,47	6,47
Farinha de glúten de trigo ²	2.889	-	1,50	3,00	5,00
Farelo de trigo	193	-	1,50	2,00	4,00
Óleo de salmão	907	3,48	3,48	3,48	3,48
Farinha de salmão	1.963	3,00	0,58	-	-
Lecitina de soja	593	2,52	2,82	2,87	2,87
Farinha de sangue	661	2,10	2,00	0,85	0,97
Fosfato bicálcico ³	448	1,21	1,21	1,21	1,21
Farinha de lula	1.963	1,00	1,00	1,00	1,00
Agultinante sintético ⁴	1.748	0,70	0,40	0,20	-
Premix vitamínico-mineral ⁵	12.222	0,45	0,45	0,45	0,45
DL-Metionina, 99% ⁶	5.000	0,26	0,29	0,29	0,29
L-Lisina, 54,6% ⁷	1.800	0,14	0,31	0,48	0,63
L-Treonina, 98,5% ⁸	3.150	0,02	0,07	0,10	0,13
Vitamina C ⁹	3.102	0,10	0,10	0,10	0,10
Custo de formula (US\$/ton.)	-	624,9	620,4	645,3	689,7
Perfil Bromatológico ¹⁰ (% da dieta, base seca)					
Matéria seca	-	87,8	87,0	87,1	87,2
Proteína bruta	-	40,5	40,0	40,0	40,0
Lipídeos	-	10,0	10,0	10,0	10,0

Fibra bruta	-	3,4	3,5	3,6	3,5
Cinzas	-	7,4	6,7	6,5	6,3
Carboidratos totais ¹¹	-	38,8	39,8	40,0	40,3
Energia bruta (MJ/kg) ¹²	-	18,4	18,1	18,2	18,0

¹Preço FOB Brasil, 17/12/2014. Os preços de mercado de aminoácidos cristalinos de acordo com a Evonik Degussa Brasil (2015).

²Amytex 100 (Tereos Syral SAS, Marckolsheim, França).

³Serrana Fosfócio20. Bunge Fertilizantes S/A. (Cubatão, SP). 20,5% cálcio, 20,2% fosforo total, 19,1% de fósforo disponível.

⁴Nutri-Bind Aqua Veg Dry, Nutri-Ad International NV (Dendermonde, Bélgica). Aglutinante sintético consistindo de cálcio lignosulfonado (94,00%) e goma de guar (6,00%).

⁵Rovimix Camarão Extensivo, DSM Produtos Nutricionais Brasil Ltda. (São Paulo, SP). Níveis de garantia por kg do produto: vitamina A, 1.000.000 UI; vitamina D3, 300.000 UI; vitamina E, 15.000 UI; vitamina K3, 300,0 mg; vitamina B1, 3.000,0 mg; vitamina B2, 2.500,0 mg; vitamina B6, 3.500,0 mg; vitamina B12, 6,0 mg; ácidos nicotínico, 10.000,0 mg; ácido pantotênico, 5.000,0 mg; biotina, 100,0 mg; ácido fólico, 800,0 mg; vitamina C, 25.000,0 mg; colina, 40.000,0 mg; inositol, 20.000,0 mg; ferro 2.000,0 mg; cobre, 3.500,0 mg; cobre quelatado, 1.500,0 mg; zinco, 10.500,0 mg; zinco quelatado, 4.500,0 mg; manganês, 4.000,0 mg; selênio, 15,0 mg; selênio quelatado, 15,0 mg; iodo, 150,0 mg; cobalto, 30,0 mg; crômio, 80,0 mg; filler, 1.000,0 g.

⁶MetAMINO®, DL-Metionina, Feed Grade 99% (Evonik Industries AG, Hanau, Alemanha).

⁷Biolys®, L-lisina 54,6% (Evonik Industries AG, Hanau, Alemanha).

⁸ThreAMINO®, L-Treonina, Feed Grade 98,5% (Evonik Industries AG, Hanau, Alemanha).

⁹Rovimix Stay-C® 35%, ácido L-ascórbico 2-monofosfatado. DSM Produtos Nutricionais Brasil Ltda. (São Paulo, SP).

¹⁰Valores projetados.

¹¹Calculado por diferença (100 – proteína bruta - lipídeos – fibra bruta - cinzas).

¹²Calculado usando um valor energético da proteína, lipídeos e carboidratos de 5,64 kcal/g, 9,44 kcal/g e 4,11 kcal/g, respectivamente.

As inclusões da farinha de glúten foram de 0, 1,5, 3,0 e 5,0% (na matéria natural) nas dietas controle CTL, AMY1.5, AMY3.0 e AMY5.0, respectivamente. Em respostas aos aumentos da farinha de glúten de trigo, as inclusões de aglutinante sintético foram reduzidas de 0,7% para 0,4, 0,2 e 0%, respectivamente.

Em termos nutricionais, o conteúdo de proteína bruta e de lipídeos foi fixado em 40 e 10% (na matéria seca), respectivamente. O conteúdo total de metionina, treonina e lisina foram fixadas em todas as fórmulas em 0,90, 2,38, e 1,56%, respectivamente (Tabela 3). A L-lisina foi suplementada além das exigências estabelecidas para o camarão tigre, *Penaeus monodon* (2,1% da dieta ou 5,2% da proteína bruta; (MILLAMENA *et al.*, 1996). A treonina

foi balanceada com base no conceito de proteína ideal seguindo uma relação de 66% entre os aminoácidos treonina e lisina (NRC, 2011). A metionina dietética foi fixada em 0,9% da dieta (2,2% da proteína bruta).

Tabela 3 – Composição aminoacídica das dietas experimentais (% da dieta, matéria seca). Valores projetados segundo o perfil de aminoácidos dos ingredientes utilizados.

Aminoácido	Dietas/Composição (% da dieta, matéria seca)				CV (%)
	CTL	AMY1.5	AMY3.0	AMY5.0	
Arginina	2,63	2,56	2,54	2,46	2,7
Histidina	1,06	1,03	0,99	0,98	3,6
Isoleucina	1,58	1,56	1,58	1,54	1,2
Leucina	2,97	2,92	2,85	2,83	2,2
Lisina	2,38	2,38	2,38	2,38	-
Metionina	0,90	0,90	0,90	0,90	-
Metionina+Cistina*	1,18	1,16	1,17	1,18	0,8
Fenilalanina	1,89	1,88	1,86	1,84	1,2
Treonina	1,56	1,56	1,56	2,6	28,6
Triptofano	0,48	0,48	0,48	0,48	-
Valina	1,91	1,87	1,81	0,97	27,4

*Aminoácidos totais sulfurados.

A farinha de lula pura foi utilizada a uma inclusão fixa de 1,0% para agir como um atrativo e palatabilizante. A inclusão de lecitina de soja variou entre as dietas de forma a atender um conteúdo dietético total de fosfolipídios de no mínimo 2,5%. A inclusão do óleo de salmão foi fixada em 3,48%. Um premix vitamínico-mineral foi incluído a 0,45%. Os níveis de vitamina C e de colina foram fixados a 500 mg/kg e 1.300 mg/kg, respectivamente.

O fósforo disponível foi mantido em 0,71% da dieta, enquanto os níveis de cálcio variaram entre 1,32 e 1,62% da dieta. No geral, as dietas foram projetadas para atender às exigências nutricionais do *L. vannamei* adotando ingredientes práticos.

3.4 Fabricação das dietas experimentais

Todos os ingredientes vegetais (exceto farinha de trigo) e animais foram moídos com um moinho centrífugo, com potência de 5 cv (modelo MCS 280, Máquinas Vieira Indústria e Comércio Ltda., São Paulo) equipado com tela de 600 microns. Após a moagem, os ingredientes foram estocados separadamente em recipientes fechados de 60 L e mantidos em temperatura ambiente.

Os ingredientes foram pesados em uma balança eletrônica (0,01 g) e a seguir misturados durante 10 min. em um misturador planetário. Uma amostra de 1 kg da mistura foi recolhida para incorporar microingredientes (vitaminas, minerais, aglutinante sintético e aminoácidos) em um homogeneizador em Y de bancada (modelo MA201/5MO, Marconi Equipamentos para Laboratórios Ltda., Piracicaba São Paulo), a uma velocidade de 30 RPM, por 10 min. Subsequentemente, a mistura foi combinada com os ingredientes restantes (secos e líquidos) e com água doce adicionada na proporção de 4 L para cada 15 kg de mistura. A água foi incorporada lentamente até obtenção de uma partícula alimentar homogênea.

O processo de cozimento e extrusão foi realizado com o uso de uma extrusora de laboratório (modelo Extrusora EX MICRO, Exteec Máquinas, Ribeirão Preto, São Paulo), a qual foi ajustada para operar a uma temperatura interna de 90°C e produzir peletes de 2,2 mm de diâmetro e 5 mm de comprimento (Figura 1).

Figura 1 – Dietas experimentais utilizadas no presente estudo.



Fonte: Alberto Nunes, 2015.

Após o processo de extrusão, as dietas foram submetidas a um processo de secagem através do uso de duas estufas com circulação e renovação de ar (estufa de secagem especial, Modelo MA-035/3, Marconi Equipamentos para Laboratório Ltda., Piracicaba, São Paulo) por um período máximo de 3 h, sob temperatura de 60°C. Após uma secagem inicial de 30 minutos, lotes de 5 kg de ração foram transferidos para cozimento a vapor durante 10 min. sob 95°C. Ao término, *Pellets* pós-cozidos foram novamente submetidos a secagem até ser alcançado um teor de umidade entre 10 e 12%. Para alcançar este valor, alíquotas de 3 g de ração foram coletadas da estufa a cada 15 minutos para determinação da umidade em um analisador rápido de umidade com lâmpada alógena (MB35 Moisture Analyzer, Ohaus Corporation, New Jersey, EUA). No final do processo de produção, as dietas foram embaladas, etiquetadas e estocadas em *freezers* a uma temperatura de -20°C, até sua utilização.

Durante a fabricação das dietas, os seguintes parâmetros foram determinados: (1) temperatura da partícula alimentar durante a mistura; (2) temperatura dos *pellets* na saída da extrusora; (3) temperatura dos *pellets* após o pós-cozimento; (4) teor de umidade da partícula alimentar antes da extrusão, e; (5) teor de umidade dos *pellets* na saída da extrusora.

3.5 Análises físicas das dietas

As seguintes análises físicas foram realizadas com as dietas acabadas: (1) dureza (resistência ao esmagamento); (2) percentual de finos; (3) teor de umidade; (4) índice de permeabilidade (absorção de água) e taxa de lixiviação de matéria seca; (5) estabilidade física em água (6) diâmetro e o comprimento dos *pellets*, e; (8) flutuabilidade em água.

A resistência dos *pellets* foi determinada com um medidor de dureza Kahl (Amandus Kahl GmbH & Co, Hamburgo, Alemanha), operado manualmente. A resistência foi medida em kg e realizada individualmente com 30 *pellets* de cada dieta. O diâmetro e comprimento dos *pellets* foram medidos com um paquímetro eletrônico (Figura 2).

O percentual de finos foi determinado em todos os lotes produzidos peneirando as dietas em uma malha com abertura de 1.000 micras. O percentual de finos foi calculado dividindo-se o total de finos obtido pela quantidade total de amostra peneirada. Para determinar a flutuabilidade, foram utilizados 10 *pellets* de cada dieta distribuídos em um

Becker contendo água do mar a 35 g/L de salinidade. A flutuabilidade foi determinada pelo número de *pellets* que flutuam na superfície da água após um intervalo de 15 minutos.

A umidade da ração foi determinada por secagem a 105°C durante 24 h de cinco amostras de 3 g de cada dieta em uma estufa com circulação e renovação de ar (estufa de secagem especial, Modelo MA-035/3, Marconi Equipamentos para Laboratório Ltda., Piracicaba, São Paulo).

Figura 2 – Determinação da resistência dos *pellets* usando um medidor de dureza Kahl (esquerda). Determinação do diâmetro e comprimento dos *pellets* com um paquímetro (direita).



Fonte: Alberto Nunes, 2015.

Posteriormente, a taxa de lixiviação de matéria seca das dietas (DMi) e a percentual de absorção de água (WAI) foram determinados em cinco tanques de 0,5 m³ contendo água do mar, mas sem camarão estocado. Dois intervalos de imersão em água foram avaliados, 1,0 e 3,0 h. Um total de 3 g de cada tipo de dieta foram alocados em cinco bandejas de alimentação, mantidos em água com salinidade de 35 g/L, temperatura de 29,6°C e pH de 7,76. O percentual de matéria seca da dieta lixiviado em água no seu respectivo intervalo de imersão foi calculado pela fórmula:

$$DMi = [1 - (Wdi/Wf)] \times 100, \text{ onde:}$$

DMi = lixiviação (%) de matéria seca da dieta no tempo i ;

Wf = peso seco da dieta (g), antes da imersão em água do mar, e;

Wdi = peso seco da dieta (g) após imersão em água do mar no momento i .

A taxa de absorção de água de cada dieta em seu respectivo intervalo de imersão foi dada como:

$$W_{Ai} = [(W_{mi} - W_f) + (W_c - W_{di})/W_f] \times 100, \text{ onde:}$$

W_{Ai} = taxa de absorção (%) de água da dieta no tempo i ;

W_{mi} = peso úmido da dieta (g) após a imersão na água do mar no tempo i (g);

W_{di} = peso seco da dieta (g) úmida (W_{mi}) no tempo i , e;

W_c = peso bruto da dieta (g) antes da secagem em estufa.

A estabilidade da ração na água foi medida utilizando um agitador orbital. Inicialmente, 25 g de ração de cada dieta foi transferida para Erlenmeyer de 250 mL com 100 mL de água do mar a 35 g/L de salinidade. O Erlenmeyer foi posicionado no agitador orbital (Incubadora Lac-INR-1000, Láctea, São Paulo), este ajustado para funcionar a 200 ± 15 rpm por 30 minutos (Figura 3). Após este período, a amostra de ração foi transferida para uma peneira com malha Tyler # 20 (equivalente a 0,86 mm).

O excesso de água nas amostras foi drenado, lavando-se a amostra retida na peneira com água destilada. A amostra retida foi submetida a secagem a 105°C durante 24 h em uma estufa com circulação e renovação de ar (estufa de secagem especial, Modelo MA-035/3, Marconi Equipamentos para Laboratório Ltda., Piracicaba, São Paulo). A estabilidade da dieta em água (%) foi determinada pela fórmula: peso final da amostra seca \div peso inicial da amostra (25 g). Para ajustar a umidade inicial, o valor final obtido foi multiplicado pelo teor de umidade inicial da ração. O peso seco da dieta refere-se ao peso da ração após secagem em estufa a 105°C durante 24 h. Nas avaliações físicas, uma ração comercial peletizada para engorda de camarões foi empregada como referência.

Figura 3 – Agitador orbital (esquerda) e peneira usada para reter a amostra de ração após movimentação horizontal por 30 minutos (direita).



Fonte: Alberto Nunes, 2015.

3.6 Manejo e alimentação

Durante o cultivo dos camarões, as dietas experimentais foram ofertadas quatro vezes por dia exclusivamente em bandejas de alimentação (14,3 cm x 3,5 cm; diâmetro x altura), sendo posicionada uma bandeja por tanque. A alimentação dos camarões e o recolhimento das sobras de ração não consumida em bandejas ocorreram nos seguintes horários, respectivamente: 1ª refeição: 07:00 h – 10:00 h; 2ª refeição: 10:00 h – 13:00 h; 3ª refeição: 13:00 – 16:00 h, e; 4ª refeição: 16:00 h – 07:00 h.

As refeições diárias foram divididas em quatro partes iguais, sendo calculadas a partir de uma tabela de alimentação (Tabela 4). Inicialmente, as refeições foram ajustadas diariamente considerando um ganho de peso corporal de 100 mg/dia/camarão e uma redução semanal de 0,05% na sobrevivência dos camarões.

A partir da segunda semana de cultivo, foram realizadas biometrias quinzenais (15°, 30°, 45° e 60° dias de cultivo) pesando-se individualmente 10 camarões por tanque. Estes dados foram utilizados para corrigir a oferta de ração com base no ganho real de peso corporal dos camarões submetidos aos diferentes tratamentos dietéticos. As ofertadas diárias de ração foram calculadas considerando o ganho diário de peso corporal relativo aos últimos 15 dias de cultivo, assumindo-se uma redução semanal de 0,05% na sobrevivência dos camarões.

Diariamente foram feitas observações quanto a presença de sobras de ração em bandejas. Estas, quando presentes, foram recolhidas, identificadas e congeladas. No final do período experimental, todas as sobras armazenadas de cada tanque de cultivo foram descongeladas, secando-se em estufa para determinação do peso seco. Estes dados foram utilizados para calcular o consumo de ração aparente do camarão na matéria seca para cada tanque.

Os parâmetros de qualidade da água (pH, temperatura e salinidade) foram medidos uma vez ao dia a partir de 09:00 h em todos os tanques. Sempre que necessário, a qualidade da água foi ajustada com a drenagem de água do fundo do tanque, adicionando-se água salgada filtrada em filtro de areia. O oxigênio dissolvido da água de cultivo foi mantido saturado durante todo o período experimental. As médias observadas (\pm desvio padrão; mínima e máxima) para temperatura, salinidade e pH foram $28,1 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ (26,1 – 29,9°C, n = 1.254), $40 \pm 1,9$ g/L (33 – 45 g/L, n = 1.254), e $8,1 \pm 0,3$ (7,3 – 8,9, n = 1.254), respectivamente.

As bandejas de alimentação foram inspecionadas diariamente para verificar a ocorrência de animais mortos. Na presença de animais mortos, estes foram recolhidos e subtraídos da população inicial estocada. Os camarões mortos não foram substituídos durante o período de cultivo.

Tabela 4 – Tabela de alimentação utilizada no presente estudo com juvenis do *L. vannamei*.

Peso Corporal (g)	Sobrevivência (%)	FCA*	Taxa Alimentar (%)
2,0	100,0	0,74	5,3%
3,0	98,5	0,81	4,5%
4,0	97,0	0,90	4,1%
5,0	95,5	0,97	3,6%
6,0	94,0	1,04	3,4%
7,0	92,5	1,11	3,1%
8,0	91,0	1,17	2,9%
9,0	89,5	1,24	2,8%
10,0	88,0	1,30	2,7%
11,0	86,5	1,36	2,5%
12,0	85,0	1,41	2,4%
13,0	83,5	1,47	2,3%
14,0	82,0	1,52	2,3%
15,0	80,5	1,58	2,2%
16,0	79,0	1,63	2,1%
17,0	77,5	1,68	2,1%
18,0	76,0	1,73	2,0%

*Fator de conversão alimentar

3.7 Desempenho zootécnico

Os camarões foram despescados após 70 dias de cultivo. Todos os camarões foram contados e pesados individualmente com precisão de 0,01 g. Com estes dados, foram determinados os seguintes parâmetros:

1. Biomassa adquirida (g) = biomassa final (g) – biomassa inicial (g);
2. Sobrevivência final (%) = (número final de camarões ÷ número inicial de camarões) x 100;
3. Consumo aparente de ração (g de ração/camarão estocado) = (quantidade total de ração seca ingerida ÷ número inicial de camarões);
4. Fator de conversão alimentar (FCA) = consumo de ração aparente por tanque ÷ biomassa adquirida por tanque;
5. Ganho de peso corporal semanal (GPS, g/semana) = ((peso corporal final – peso corporal inicial) ÷ dias de cultivo) x 7;
6. Ganho de peso percentual (GPP, %) = [(peso corporal final ÷ peso corporal inicial) - 1] x 100;
7. Taxa de crescimento específico (TCE, %/dia) = [(ln do peso corporal final - ln do peso corporal inicial) ÷ dias de cultivo] x 100;
8. Produtividade final (g/m²) = biomassa ganha (g) ÷ área do tanque (m²).

O consumo de ração aparente foi calculado subtraindo-se a quantidade total de ração seca ofertada em cada tanque pela quantidade total de ração não consumidas recuperada nas bandejas, após secagem em estufa, dividindo-se pelo número de camarões estocados.

3.8 Avaliação econômica

Uma análise econômica foi realizada com os dados finais do desempenho zootécnico dos camarões com forma de comparar a relação custo-benefício entre as diferentes dietas. O preço de cada dieta foi estimado tendo em conta o custo de formula. O preço do camarão (US\$/kg) seguiu os relatórios da Associação Brasileira de Criadores (ABCC, <http://abccam.com.br/>) para a semana de 01 a 08 de maio de 2016. A receita bruta (expresso em R\$/m²) foi determinada pela multiplicação do preço de camarão (US\$/kg) pelo ganho de produtividade de camarões (kg/m²) ao término do cultivo. O custo com a alimentação (US\$/m²) foi calculado multiplicando o ganho de produtividade (kg/m²) pelo fator de

conversão alimentar (FCA). Na análise, assumiu-se que o custo de alimentação contribui com 60% do custo total de produção. O lucro bruto (US\$/m²) foi determinado subtraindo a receita bruta (US\$/m²) pelo custo de total de produção (US\$/m²). O retorno sobre o investimento (%) foi calculado como a diferença entre o lucro bruto subtraído dos custos totais de produção, dividido pelo lucro bruto.

3.9 Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas com o programa IBM[®] SPSS[®] Statistics, versão 23 (IBM Corporation, Armonk, NY, EUA). A Análise de Variância Univariada (ANOVA) foi aplicada para comparar as médias de desempenho zootécnico dos camarões, as variáveis econômicas e os parâmetros de qualidade de água e qualidade física das dietas experimentais. O teste *a posteriori* de Tukey HSD foi utilizado para examinar as diferenças estatísticas individuais entre tratamentos, quando observadas diferenças estatísticas ao nível de significância de 0,05.

4 RESULTADOS

4.1 Variáveis de fabricação das dietas

A fabricação das rações experimentais foi mantida o mais consistente possível entre batidas. Durante a mistura das matérias primas e aditivos, água doce foi adicionada a uma temperatura média de $100,4 \pm 0,30^{\circ}\text{C}$ ($P > 0,05$; TAM, Tabela 4). Isto resultou em uma temperatura média da mistura (TMM) de $66,1 \pm 0,76^{\circ}\text{C}$ ($P > 0,05$). No entanto, o teor de umidade da mistura antes da extrusão (TUE) variou significativamente entre os tratamentos dietéticos, de um mínimo de $26,3 \pm 0,1\%$ na dieta AMY3.0 a um máximo de $28,1 \pm 0,3\%$ na dieta AMY1.5 ($P < 0,05$).

A temperatura e o teor de umidade dos *pellets* analisados imediatamente após a extrusão também variaram entre os tratamentos dietéticos ($P < 0,05$). A temperatura (TPE) variou de $61,6 \pm 1,5^{\circ}\text{C}$ (dieta CTL) para $64,8 \pm 0,8^{\circ}\text{C}$ (AMY3.0, $P < 0,05$), enquanto o teor de umidade (UPE) variou de $24,0 \pm 0,5\%$ (CTL) para $25,3 \pm <0,01\%$ (dieta AMY1.5).

Tabela 5 – Temperatura em ($^{\circ}\text{C}$) e teor de umidade (%) da partícula alimentar e das dietas acabadas durante a fabricação utilizando uma extrusora de laboratório. Os valores são apresentados como média (\pm desvio padrão) de três leituras tomadas durante a fabricação (exceto TPE, quatro leituras). Valores na mesma linha com letras diferentes são estatisticamente diferentes ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey HSD.

Parâmetros	Dietas Experimentais				ANOVA <i>P</i>
	CTL	AMY1.5	AMY3.0	AMY5.0	
TAM ¹ ($^{\circ}\text{C}$)	$100,5 \pm 0,3$	$100,5 \pm 0,2$	$100,5 \pm < 0,01$	$100,0 \pm 0,1$	0,060
TMM ² ($^{\circ}\text{C}$)	$66,6 \pm 0,8$	$65,8 \pm 0,6$	$65,9 \pm 1,3$	$66,3 \pm 0,4$	0,622
TPE ³ ($^{\circ}\text{C}$)	$61,6 \pm 1,5\text{a}$	$63,2 \pm 1,0\text{ab}$	$64,8 \pm 0,8\text{b}$	$63,9 \pm 1,3\text{b}$	0,003
TPDC ⁴ (%)	$83,4 \pm 1,1$	$83,2 \pm 1,3$	$82,5 \pm 0,6$	$83,4 \pm 1,5$	0,774
TUE ⁵ (%)	$26,7 \pm 0,7\text{a}$	$28,1 \pm 0,3\text{b}$	$26,3 \pm 0,1\text{c}$	$26,8 \pm < 0,01\text{a}$	$< 0,0001$
UPE ⁶ (%)	$24,0 \pm 0,5\text{a}$	$25,3 \pm < 0,01\text{b}$	$24,8 \pm < 0,01\text{c}$	$24,9 \pm < 0,01\text{d}$	$< 0,0001$

¹temperatura da água doce adicionada a mistura de ingredientes.

²temperatura da partícula alimentar durante a mistura.

³temperatura dos *pellets* na saída da extrusora.

⁴temperatura dos *pellets* após o pós-cozimento.

⁵teor de umidade da partícula alimentar antes da extrusão.

⁶teor de umidade dos *pellets* na saída da extrusora.

4.2 Qualidade física das dietas

As dietas experimentais não apresentaram flutuabilidade. O teor de umidade das dietas alcançou uma média de $8,22 \pm 0,69$ % ($P > 0,05$, Tabela 5). Por outro lado, a dureza dos *pellets* variou quando se comparou as dietas experimentais com a ração comercial ($P < 0,05$). A ração comercial apresentou maior dureza ($4,92 \pm 1,18$ kg) comparado as dietas experimentais ($3,35 \pm 0,85$ kg; $n = 120$). O percentual de finos nas dietas experimentais excedeu 1%. As dietas CTL, AMY1.5, AMY3.0 e AMY5.0 alcançaram um percentual de finos de 3,7, 2,6, 3,1 e 3,1%, respectivamente.

Tabela 6 – Características físicas das dietas experimentais e de uma ração comercial. Os valores médios (\pm desvio padrão) representam 30 medições, exceto o teor de umidade ($n = 5$). Os valores na mesma coluna com letras diferentes são estatisticamente diferentes ($P < 0,05$) de acordo com o teste de Tukey HSD.

Dietas	Umidade (%)	Dureza (kg)	Diâmetro (mm)	Comprimento (mm)
CTL	$8,27 \pm 0,76$	$3,22 \pm 0,95a$	$2,11 \pm 0,07a$	$5,09 \pm 0,91a$
AMY1.5	$8,73 \pm 0,68$	$3,63 \pm 1,00a$	$2,08 \pm 0,10a$	$5,45 \pm 1,21a$
AMY3.0	$7,80 \pm 0,38$	$3,28 \pm 0,75a$	$2,20 \pm 0,07b$	$5,05 \pm 0,83a$
AMY5.0	$8,07 \pm 0,72$	$3,28 \pm 0,63a$	$2,23 \pm 0,07b$	$4,88 \pm 0,43a$
Comercial*	---	$4,92 \pm 1,18b$	$2,46 \pm 0,08c$	$6,42 \pm 1,57b$
<i>P</i> ANOVA	0,185	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001

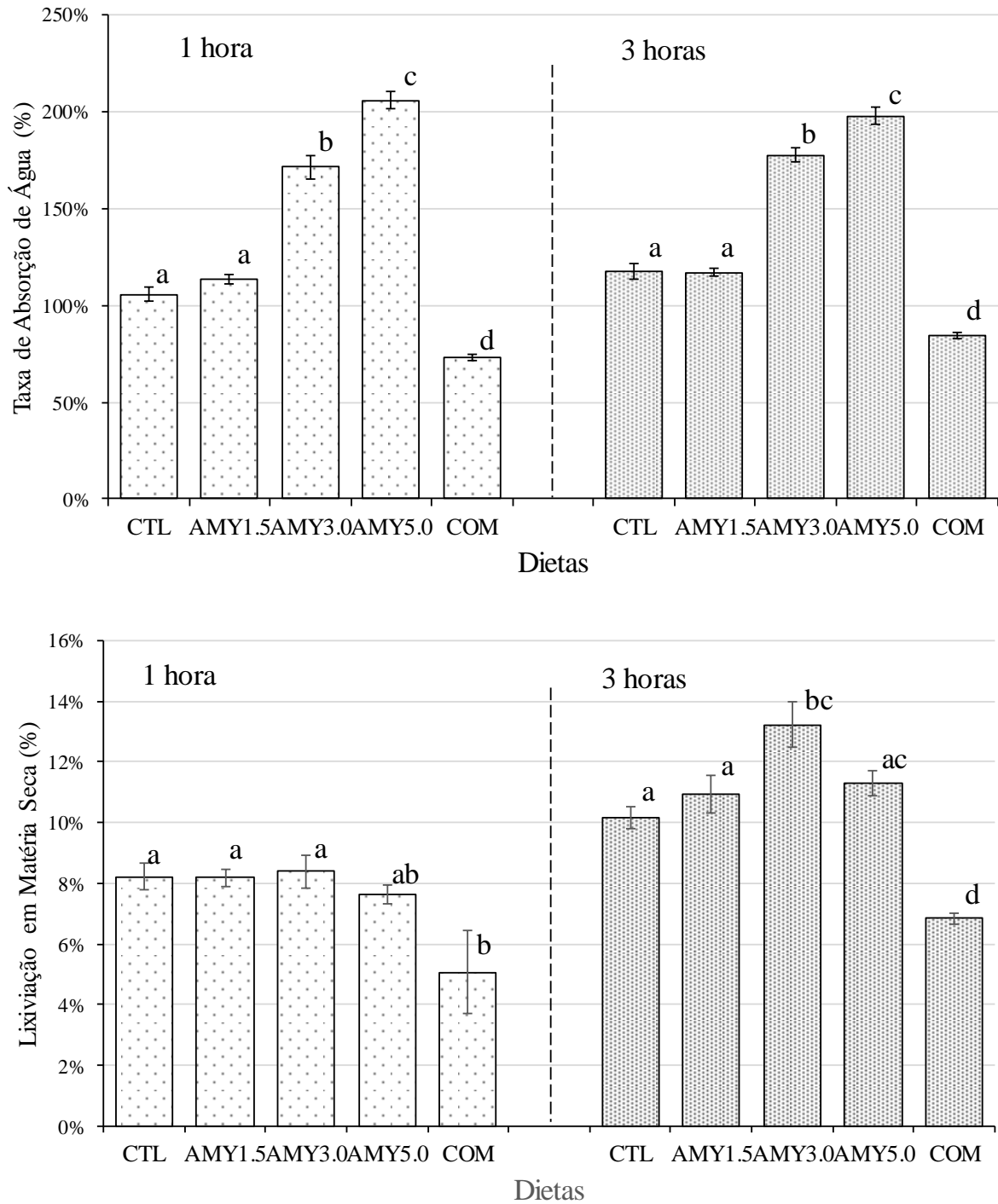
Fonte: API-Camarão Salinas (Total Alimentos Ltda., São Lourenço da Mata, Pernambuco).

Houve diferença estatisticamente significativa para absorção de água entre as dietas experimentais nos dois períodos de imersão avaliados (1 e 3 h; Gráfico 1). As dietas CTL e AMY1.5 exibiram uma menor taxa de absorção de água comparado as dietas AMY3.0 e AMY5.0 ($P < 0,05$). Nos dois períodos analisados, a maior taxa de absorção foi detectada para a dieta AMY5.0, seguida da dieta AMY3.0. Para ambas, os valores ultrapassaram 150%. A dieta comercial (COM) apresentou a menor taxa de absorção comparado as dietas experimentais ($P < 0,05$) em ambos os períodos de imersão em água.

Foi possível observar um aumento na lixiviação de matéria seca das dietas experimentais e na ração comercial com um maior tempo de imersão em água (Gráfico 1). Na 1 h de imersão, as dietas AMY5.0 e COM foram as que exibiram menor lixiviação ($P < 0,05$). Com 3 horas de imersão em água, houve um incremento significativo na lixiviação das dietas

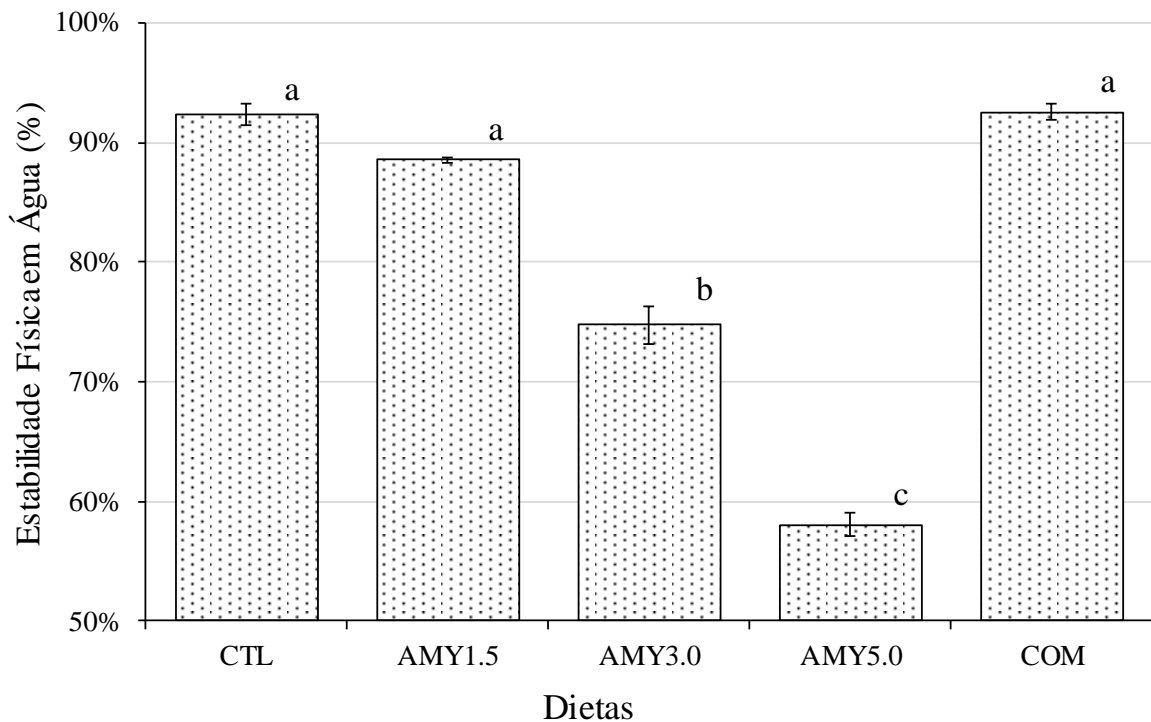
experimentais comparadas a ração CTL ($P < 0,05$). Nesse intervalo de imersão, as dietas com maior lixiviação em água foram a AMY3.0 seguido da AMY5.0 ($P < 0,05$).

Gráfico 1 – Taxa de absorção de água e lixiviação de matéria seca das dietas experimentais e de uma ração comercial (COM) em dois períodos de imersão em água (1 e 3 horas). Os valores são apresentados como média (\pm erro padrão) de cinco amostras. Letras em comum indicam diferença estatística não significativa ($P > 0,05$) segundo o teste Tukey HSD.



Foi detectada diferença estatisticamente significativa na estabilidade física das dietas experimentais e ração comercial ($P < 0,05$). A estabilidade das dietas CTL, AMY1.5 e COM variou entre 88,5 e 92,5%, estatisticamente superior as dietas AMY3.0 e AMY5.0 (74,8 e 58,1%, respectivamente).

Gráfico 2 – Estabilidade física em água das dietas experimentais utilizando um agitador horizontal. Os valores são apresentados como média (\pm erro padrão) de cinco leituras. Letras em comum indicam diferença estatística não significativa ($P > 0,05$) segundo o teste Tukey HSD.



4.3 Desempenho zootécnico

A sobrevivência final dos camarões variou de um mínimo de $71,1 \pm 9,3\%$ (AMY5.0) a um máximo de $95,0 \pm 3,3\%$ (CTL, Tabela 6). A sobrevivência dos camarões foi negativamente afetada quando o aglutinante sintético foi eliminado das dietas (dieta AMY5.0, $P < 0,05$).

No entanto, não se observou qualquer efeito negativo sobre a sobrevivência nos camarões nas dietas contendo até 3,0% de farinha de glúten de trigo combinada com 0,2% aglutinante sintético (dieta AMY3.0). Como resultado da queda de sobrevivência, houve uma redução significativa no ganho de produtividade e uma deterioração no FCA (fator de conversão alimentar) com a remoção do aglutinante sintético na dieta AMY5.0 ($P < 0,05$). No entanto, não houve efeito dietético sobre as variáveis de crescimento dos camarões ou fator de

conversão alimentar. O ganho de peso semanal ($1,48 \pm 0,03$ g), o ganho de peso percentual ($925 \pm 17\%$), a taxa de crescimento específico ($3,53 \pm 0,03\%$), e o consumo de ração ($22,3 \pm 0,1$ g/camarão) não variou estatisticamente entre os tratamentos experimentais ($P > 0,05$).

Tabela 7 – Desempenho zootécnico de juvenis do camarão *L. vannamei* cultivado durante 70 dias na densidade de 71 camarões/m² em tanques de 1 m³ em água verde. Os valores na mesma coluna com letras diferentes são estatisticamente diferentes ($P < 0,05$) de acordo com o teste de Tukey HSD. Cinco tanques repetidos por tratamento foram considerados nas análises, exceto CTL que usou sete tanques.

Parâmetros de Desempenho	Dietas Experimentais				ANOVA <i>P</i>
	CTL	AMY1.5	AMY3.0	AMY5.0	
Sobreviv. (%)	95,0 ± 3,3a	88,1 ± 10,2a	86,4 ± 8,5a	71,1 ± 9,3b	0,001
Produtiv. (g/m ²)	944 ± 53a	968 ± 93a	866 ± 181ab	684 ± 165b	0,008
GPS ¹ (g/semana.)	1,42 ± 0,09	1,59 ± 0,09	1,44 ± 0,21	1,50 ± 0,15	0,215
GPP ² (%)	890 ± 55	982 ± 58	911 ± 116	932 ± 83	0,280
TCE ³ (%)	3,47 ± 0,10	3,62 ± 0,10	3,50 ± 0,22	3,54 ± 0,15	0,328
Consumo ⁴ (g)	22,0 ± 0,7	22,6 ± 0,1	22,2 ± 0,7	22,4 ± 0,4	0,229
FCA ⁵	1,65 ± 0,06a	1,66 ± 0,15a	1,89 ± 0,42a	2,43 ± 0,58b	0,006

¹Ganho de peso corporal semanal.

²Ganho de peso percentual.

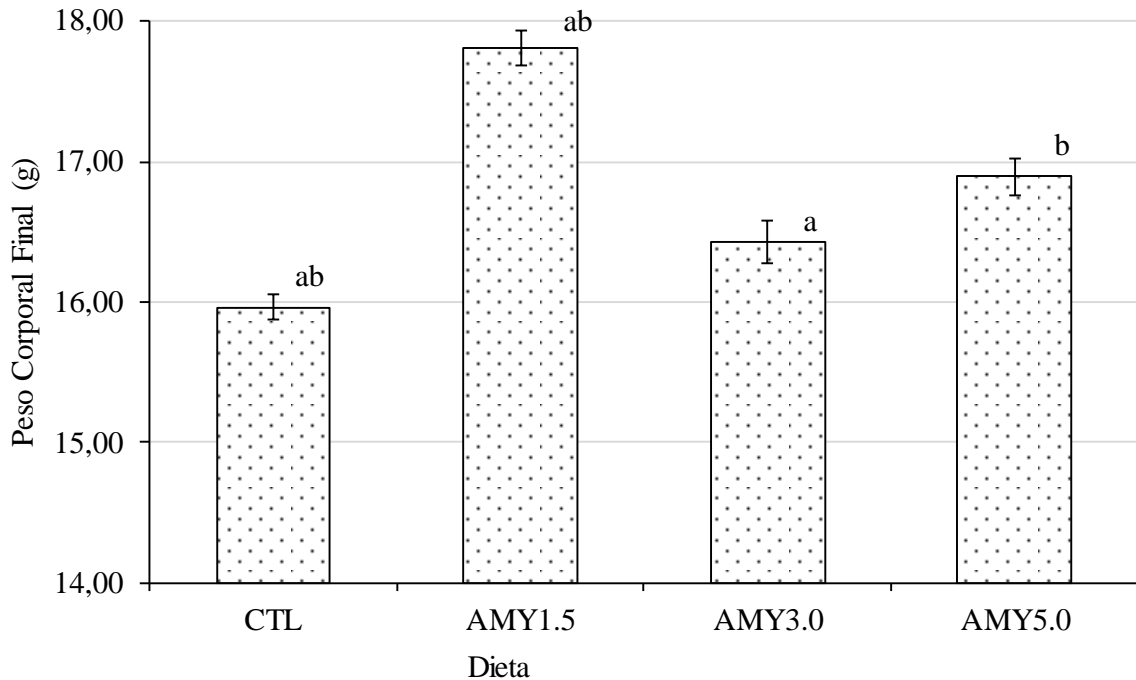
³Taxa de crescimento específico.

⁴Consumo aparente de ração.

⁵Fator de conversão alimentar.

Os camarões cresceram rapidamente neste estudo, atingindo mais de 16 g de peso corporal, independentemente do tratamento dietético (Gráfico 3). Houve uma tendência de um maior peso corporal final quando se utilizou dieta AMY1.5. No entanto, diferenças estatísticas significativas somente foram observadas entre os tratamentos dietéticos AMY3.0 e AMY5.0 ($P < 0,05$). O maior peso corporal final dos camarões alimentados com a dieta AMY5.0 foi provavelmente resultado de uma menor sobrevivência final.

Gráfico 3 – Média (\pm erro padrão) do peso corporal (g) do camarão *L. vannamei* após 70 dias de cultivo. Cada coluna refere-se ao peso corporal médio de todos os camarões capturados, pesados individualmente na despesca. Letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa ($P < 0,05$) de acordo com o teste de Tukey HSD.



4.4 Qualidade de água

A temperatura da água, a salinidade e o pH nos tanques ao ar livre oscilou em resposta às condições meteorológicas no campo experimental. Não houve efeito significativo ($P > 0,05$; ANOVA) destes parâmetros de qualidade da água em relação ao desempenho zootécnico dos camarões. Os parâmetros foram mantidos dentro dos limites considerados normais para o cultivo de camarões peneídeos. Durante os 70 dias de cultivo os valores registrados para temperatura, salinidade e pH foram $28,1 \pm 0,5^\circ \text{C}$, $40 \pm 1,9 \text{ g/L}$ e $8,1 \pm 0,3$, respectivamente.

4.5 Retorno do investimento

Os camarões alimentados com a dieta AMY1.5 apresentaram um maior preço de mercado em função do peso corporal mais elevado alcançado na despesca (Tabela 8). Por outro lado, a dieta AMY5.0 levou a um maior custo com alimentação devido a um FCA e custo de formulação mais elevados. As receitas brutas alcançadas neste estudo foram

influenciadas diretamente pelo preço médio do camarão e ganho de produtividade proporcionado por cada dieta. A maior e menor receita bruta foi alcançada com as dietas AMY1.5 e AMY5.0, respectivamente ($P < 0,05$). Como resultado, estas duas dietas se diferenciaram estatisticamente em relação ao lucro bruto e retorno do investimento (ROI). Embora economicamente, a dieta AMY1.5 foi a que proporcionou o melhor resultado, não foi possível estabelecer diferença estatisticamente significativa na receita bruta, lucro bruto e ROI ao compara-la com as dietas CTL e AMY3.0 ($P > 0,05$).

Tabela 8 – Análise da relação custo benefício do uso da farinha de glúten de trigo em substituição parcial e total de um aglutinante sintético em dietas para o camarão *L. vannamei*. Cada valor representa a média (\pm desvio padrão) de cinco a seis tanques de cultivo. US\$1,0 = R\$ 3,5653 (fonte: Banco Central do Brasil, 06/05/2016). Letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa ($P < 0,05$) de acordo com o teste de Tukey HSD.

Variáveis Econômicas	Dietas			
	CTL	AMY1.5	AMY3.0	AMY5.0
FCA	1,65 \pm 0,06	1,66 \pm 0,15	1,89 \pm 0,42	2,43 \pm 0,58
Peso corporal final (g)	15,96 \pm 2,07	17,81 \pm 2,31	16,43 \pm 2,75	16,89 \pm 2,20
Produtividade (kg/m ²)	944 \pm 53	968 \pm 93	866 \pm 181	684 \pm 165
Custo formula (USD/kg)	0,625	0,620	0,645	0,690
Preço camarão ¹ (USD/kg)	5,65 \pm 0,33	6,25 \pm 0,30	5,72 \pm 0,73	5,94 \pm 0,53
Custo aliment. ² (USD/m ²)	0,97 \pm 0,03	0,99 \pm 0,01	1,02 \pm 0,03	1,09 \pm 0,02
Outros custos ³ (USD/m ²)	0,65 \pm 0,02	0,66 \pm 0,01	0,68 \pm 0,02	0,73 \pm 0,01
Receita bruta (USD/m ²)	5,35 \pm 0,57ab	6,04 \pm 0,52a	5,04 \pm 1,46ab	4,11 \pm 1,22b
Lucro bruto (USD/m ²)	3,75 \pm 0,53ab	4,39 \pm 0,51a	3,35 \pm 1,42ab	2,29 \pm 1,19b
ROI ⁴ (%)	130 \pm 0,27a	165 \pm 0,31a	97 \pm 0,82ab	25 \pm 0,64b

¹De acordo com a ABCC (<http://abccam.com.br/>). Circular nº 06/2016 – ANCC, levantamento de preços na semana de 01-05 de maio de 2016 (Rio Grande do Norte). Camarões de 15 – 20 g = 0.35 USD x peso corporal.

²Contribui com 60% dos custos totais de produção.

³40% de todos os custos de produção (energia, mão-de-obra, pós-larva, etc.).

⁴Retorno do investimento.

5 DISCUSSÃO

No presente estudo, os *pellets* produzidos em uma linha experimental de extrusão apresentaram dureza e dimensões diferentes de *pellets* produzidos em uma linha industrial. Em geral, as dietas experimentais mostraram-se com menor dureza, diâmetro e comprimento comparado a ração comercial. Provavelmente, isto é resultado de características da composição das rações, como também nos processos de fabricação e do tipo de aglutinante, que é utilizado nas formulações de ração para camarões marinhos (AARSETH, 2004).

Uma dureza mais elevada sugere uma maior compactação na partícula alimentar precedendo a moldagem dos *pellets*. Quando os ingredientes possuem tamanho, formato e densidades diferentes, uma mistura heterogênea pode ocorrer. O tamanho uniforme das partículas alimentares é geralmente o fator mais importante para a obtenção de uma boa mistura (LINDLEY, 1991). Isto permite uma redução de perdas por finos ocasionados por fricção entre os *pellets* durante o transporte, manuseio e armazenamento da ração (MENDOZA *et al.*, 2001; NUNES *et al.*, 2006). Esta condição também pode estar associada a outros aspectos da fabricação, como parâmetros produtivos adotados no condicionamento da temperatura, do vapor e do tempo, que interferem diretamente na gelatinização do amido (SHANKAR *et al.*, 2005). Além disso, os *pellets* devem manter sua integridade física até que o consumo total da ração pelos animais, minimizando assim, os efeitos do processo de lixiviação dos nutrientes que ocorrer quando a ração é lançada na água de cultivo dos camarões marinhos (OBALDO *et al.*, 2002; HARDY, 2002).

No que se refere a dimensão dos *pellets*, esta característica está associada com o diâmetro dos orifícios da matriz e ajuste das facas para corte de *pellets*. Muito embora esta característica não pareça afetar a qualidade física da ração, a fabricação de *pellets* com menor diâmetro e comprimento reduz a produtividade fabril, já que demanda maior tempo no processo produtivo da ração. Enquanto na Ásia a recomendação para juvenis do *L. vannamei* de 4 a 10 g e de 10 a 15 g é de *pellets* com 1,6 e 1,8 mm de diâmetro, respectivamente (INVIVO VIETNAM), na América Latina, os *pellets* variam entre 1,8 e 2,4 mm para camarões de 3 g até o peso de despesca.

Comercialmente são utilizados moinhos de anéis na fabricação de rações industriais para camarões marinhos (BORTONE, 2003). No presente estudo, uma única matriz foi empregada para fabricação das dietas experimentais. Entretanto, foi detectado *pellets* menores nas dietas CTL e AMY1.5 comparado as dietas AMY3.0 e AMY5.0. Este

resultado sugere que as dietas AMY3.0 e AMY5.0 sofreram uma maior expansão na saída da extrusora, seja em função de diferenças na composição dietética ou no processo de fabricação. Entre os parâmetros de fabricação que exibiram diferença significativa, destaca-se a temperatura dos *pellets* na saída da extrusora. As dietas AMY3.0 e AMY5.0 apresentaram uma maior temperatura comparado as dietas CTL e AMY1.5. Esta condição pode ter favorecido uma maior expansão, levando a um aumento no diâmetro dos *pellets*. Entretanto, não se descarta a possibilidade de ter ocorrido uma maior expansão dos *pellets* devido a maiores inclusões de farinha de glúten nas dietas AMY3.0 e AMY5.0. Essa expansão que ocorreu no amido, juntamente com as interações de aglutinação entre o glúten de trigo e os demais ingredientes pode ter corroborados para essa expansão ter acontecido (GLENCROSS *et al.*, 2011).

Os camarões peneídeos são capazes de capturar, manipular e ingerir *pellets* de ração com diferentes diâmetros e comprimentos (NUNES *et al.*, 1997). Portanto, estas variações, possivelmente, não tiveram qualquer efeito sobre o desempenho zootécnico dos camarões.

Níveis de inclusão mais elevados da farinha de glúten de trigo não produziu efeitos positivos para reduzir a absorção de água ou a lixiviação de matéria seca nas dietas nos intervalos de tempo de 1 e 3 horas. Esses dados corroboram com os resultados encontrados por (ALI *et al.*, 2010), que diz que o glúten de trigo, possui uma maior capacidade de absorção de água que outras formas de aglutinantes naturais como por exemplo o ágar. As inclusões de 3,0 e 5,0% de farinha de glúten combinado com 0,2% e 0% de aglutinante sintético com as dietas AMY3.0 e AMY5.0, respectivamente causaram um detrimento nesses parâmetros, ocasionando uma maior eutrofização da água de cultivo, levando a uma baixa sobrevivência final, a um menor ganho de peso percentual e um alto fator de conversão alimentar (OBALDO *et al.*, 2002) comparado com a dieta AMY 1,5%. Esse resultado das dietas AMY3.0 e AMY5.0 diferem dos resultados encontrados por (JASMINE, 2000) que incorporou 4,0 % de goma ágar como aglutinante natural obtendo um maior desempenho zootécnico do *Penaeus indicus* a níveis de campo e uma boa estabilidade dos *pellets* na água de cultivo.

Entretanto, a combinação de 1,5 e 0,4% de farinha de glúten de trigo e aglutinante sintético nas dietas AMY1.5, respectivamente, foi compatível com a dieta controle contendo 0,7% de aglutinante sintético CTL. Em ambos intervalos de imersão, os melhores resultados foram obtidos com a ração comercial. Entretanto, ao se analisar a estabilidade física em água

das dietas experimentais CTL e AMY1.5 com um agitador horizontal, os valores foram similares ao da ração comercial, superiores a 85%. Entretanto, a farinha de glúten de trigo não foi capaz de promover valores de estabilidade física superior a 80% nas dietas AMY3.0 e AMY5.0 com 0,2% e 0% aglutinante sintético, respectivamente.

Muito embora seja possível incrementar a estabilidade física das dietas com maiores inclusões de farinha de glúten de trigo, o custo de formulação pode se tornar proibitivo. Enquanto uma inclusão de 1,5% de glúten de trigo resultou em um custo de formulação de US\$ 620,4/toneladas, 0,7% abaixo da dieta controle, as inclusões de 3,0 e 5,0% aumentaram o custo em 3,2 e 9,4%, respectivamente, comparado a dieta CTL. Em geral, os dados mostraram que um aumento na inclusão de farinha de glúten de trigo combinada com uma redução simultânea no aglutinante sintético a valores abaixo de 0,4% tem um efeito prejudicial na estabilidade física da ração em água (STOREBAKKEN *et al.*, 2015).

Com base nos dados apresentados, a combinação mais recomendada para manter a estabilidade física da ração acima de 80%, uma boa taxa de absorção de água e também uma boa taxa de lixiviação em matéria seca é combinar 1,5% de farinha de glúten de trigo com 0,4% de aglutinante sintético. (ALI *et al.*, 2005) utilizou a goma de ágar como aglutinante natural na inclusão de 2,0% apresentando uma boa estabilidade física de 79,5% durante até 4 horas de imersão em água. Outros estudos podem comprovar o efeito de seis diferentes tipos de aglutinantes naturais: (ágar, alginato de sódio, glúten de trigo, amido de mandioca, amido de gelatina, farinha de alga marinha). Onde o glúten de trigo juntamente com o alginato de sódio obteve os melhores desempenhos na estabilidade física, absorção e lixiviação dos nutrientes. Sendo o glúten de trigo recomendado com aglutinante natural em ração peletizada para reprodutores *L. vannamei* (GUEVARA *et al.*, 2013).

As dietas foram formuladas para apresentarem um perfil muito próximo, tanto em termos de composição de ingredientes como em relação a nutrientes essenciais (SMITH *et al.*, 2005). No presente estudo, o crescimento corporal dos camarões não foi afetado pelo tratamento dietético. Contudo, a ausência do aglutinante sintético combinado com 5,0% de farinha de glúten levou a uma menor sobrevivência, menor ganho de produtividade e um maior FCA.

Portanto, esses dados sugerem que uma menor estabilidade física em rações tem o potencial de ocasionar uma maior perda de nutrientes essenciais e ou matéria seca, ocasionado efeitos deletérios na sobrevivência final, produtividade e FCA dos camarões marinhos (OBALDO *et al.*, 2002). As dietas experimentais continham uma série de aminoácidos

cristalinos, que são colocados como exigências nutricionais do *L. vannamei*, por vários trabalhos de nutrição para essa espécie, dentre as quais se destacam: Metionina (BROWDY *et al.*, 2012), Lisina (FOX *et al.*, 1995), Treonina (HUIAI *et al.*, 2009; ZHOU *et al.*, 2013), arginina (ZHOU *et al.*, 2012) e vitamina C, tais ingredientes podem sofrer uma rápida lixiviação quando colocados em contato com a água. A perda desses nutrientes antes da ingestão alimentar pelos camarões marinhos tem o potencial de reduzir o valor nutricional das dietas, e, portanto, impactar o desempenho zootécnico e econômico dos cultivos, sendo necessário utilizar um bom aglutinante na composição centesimal das rações, minimizando assim, o processo de lixiviação dos nutrientes.

Em geral, não foi possível verificar um efeito dos diferentes tratamentos dietéticos sobre o peso corporal final dos camarões. Embora tenha sido detectado um maior peso corporal nos camarões alimentados com a dieta AMY5.0, este resultado foi influenciado por uma menor densidade de estocagem dado a redução na sobrevivência final dos camarões. A vantagem da utilização de um aglutinante sintético em baixa inclusão sobre glúten de trigo, é que ao utilizar o aglutinante sintético, haverá mais espaços para outros ingredientes nas formulações, aumentando assim, as possíveis combinações com ingredientes escolhidos pelos seus valores nutritivos relativos a custo. Como resultado, isso irá gerar uma economia de custo considerável com pode ser comprovada na dieta AMY 1,5%, sem comprometer a qualidade nutricional ou a estabilidade física da ração (VITOR *et al.*, 2003).

Contudo, ao se analisar economicamente os resultados zootécnicos obtidos no presente estudo, ficou claro as diferenças proporcionadas pelas diferentes dietas experimentais. A dieta contendo 1,5% de glúten de trigo e 0,4% de aglutinante sintético foi a que trouxe um maior lucro e retorno econômico. Este resultado foi dirigido por um menor custo de formula, além de um melhor FCA, maior ganho de peso corporal semanal dos camarões e maior ganho na produtividade comparados com as demais dietas. O custo de formula na dieta EMY1.5 foi diretamente beneficiado por uma redução em ingredientes proteicos, em particular, a farinha de salmão como fonte de proteína animal, respeitando as exigências nutricionais do camarão branco *L. vannamei* (NRC, 2011). Muito embora estas reduções tenham levado a uma maior suplementação de aminoácidos cristalinos, como metionina, lisina, treonina, arginina (NRC, 2011). Foi perceptível notar também um aumento nos ingredientes vegetais como a lecitina de soja (VASAGAMT *et al.*, 2005), ao se reduzir o aglutinante sintético nas dietas experimentais. Uma abordagem similar foi adotada nas dietas com 3,0 e 5,0% de farinha de glúten de trigo, muito embora estas dietas não tenham

proporcionado o desempenho zootécnico adequado no cultivo de camarões marinhos em água verde.

Vários estudos já atestaram a eficiência dos sistemas de cultivo em água verde ou em bioflocos, quando comparados a outros sistemas de cultivo (TACON *et al.*, 2002; BURFORD *et al.*, 2004; ZHEN *et al.*, 2013). Várias comparações foram realizadas entre sistemas de cultivo de camarões marinhos a nível experimental, foi comprovada uma taxa de crescimento semanal 3,4 vezes maior em água verde, quanto aquela encontrada em água clara (TACON *et al.*, 2002). Por esse motivo o cultivo foi realizado em água verde.

6 CONCLUSÕES

- ✓ Em geral, as dietas experimentais mostraram-se com menor dureza, diâmetro e comprimento comparado com a ração comercial;
- ✓ Uma combinação de 1,5% de farinha de glúten de trigo associado com 0,4% de aglutinante sintético leva a uma alta estabilidade física da dieta, além de um melhor desempenho zootécnico e econômico de juvenis do camarão branco *L. vannamei* cultivados em água verde;
- ✓ Dietas com uma estabilidade física menor que 60% leva a uma perda na sobrevivência, produtividade e FCA de juvenis do camarão branco *L. vannamei*, cultivados em água verde, conseqüentemente isso tem efeito significativo no índice zootécnico e econômico do cultivo.

REFERÊNCIAS

- AARSETH, K.A. Attrition of feed pellets during pneumatic conveying: the influence of velocity and bend radius. **Biosyst. Eng.** v. 89, p. 197–213, 2004.
- ALI, S. A.; GOPAL, C.; RAMANA, J. V.; SAMPOORNAM, B.; VASU, C. A.; VAITHEESWARAN, T.; SELVAKUMAR, P. Evaluation of selected binders in a ring-die pellet mill for processing shrimp feed pellets. **Indian Journal of Fisheries**, v. 57, p.103-106, 2010.
- ALI, S. A.; GOPAL, C.; RAMANA, J. V.; NAZER, A. R. Effect of different sources of starch and guar gum on aqua stability of shrimp feed pellets. **Indian Journal of Fisheries**, v. 52, p. 301-305, 2005.
- APPER E.; FENEUIL A.; TEREOS F. R. Innovation department wheat proteins high quality proteins for aquaculture feeds. **Aquatic Biosystems**, p. 9-21, 2013.
- BAILEY, C.H. A translation of Beccari's lecture “concerning grain” (1728). *Cereal Chem.* 18, p. 555-561, 1941.
- BOLAND, M.; BRESTER G. W.; TAYLOR, M. R. Global and US wheat gluten industries: Structure, competition, and trade. Agricultural Marketing Policy Center briefing Bozeman: **Montana State University**, v. 76, 2005.
- BORTONE, E. Pellet die for shrimp feeds. **Aqua Feed International**, p. 26, 2003.
- BROWDY, C. L.; BHARADWAJ, A. S.; VENERO, J. A.; NUNES, A. J. P. Supplementation with 2-hydroxy-4-(methylthio) butanoic acid (HMTBa) in low fish meal diets for the white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture Nutrition**, v. 18, n. 4, p. 432–440, 2012.
- BURFORD, M. A; THOMPSON, P. J.; MCINTOSH, R. P.; BAUMAN, R. H.; PEARSON, D. C. The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a high-intensity, zero-exchange system. **Aquaculture**, v. 232, n. 1-4, p. 525–537, 2004.
- CHAMBERLAIN, G. W. "Investigación de frontera en nutrición acuícola. Memorias del Segundo Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Monterrey, Nuevo León, México, p. 27-42, 1996.
- DAY L.; AUGUSTIN M.A; BATEY I.L; WRIGLEY C.W. Wheat-gluten uses and industry needs. **Trends Food Sci Technol**, v. 17, p. 82–90, 2006.
- DOMINY, W.G.; CODY, J.J.; TERPSTRA, J.H.; OBALDO, L.G.; CHAI, M.K.; TAKAMORI, T.I.; LARSEN, B.; FOSTER, I.P. A comparative study of the physical and biological properties of commercially available binders for shrimp feeds. **J. Appl. Aquaculture**, v. 14, p. 1-14, 2004.
- FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture**. ed. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations, p. 223, 2014.

- FOX, J. M.; LAWRENCE, A. L.; LI-CHANB, E. Dietary requirement for lysine by juvenile *Penaeus vannamei* using intact and free amino acid sources. **Aquaculture**, v. 1, n. 94, p. 279–290, 1995.
- FILHO S.J.T.; ROSTAGNO, H.S.; QUEIROZ, A.C.; EUCLYDES, R.F.; BARABARINO JR., P. Evaluation of the performance of post-larvae of the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* fed with balanced diets containing different binders. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 26, p. 638–644, 1997.
- GUEVARA A.W.; POVEDA M. C. Effect of binder type and concentration on prepared feed stability, feed ingestion and digestibility of *Litopenaeus vannamei* broodstock diets. **Aquaculture Nutrition**, v. 19, p. 515-522, 2013.
- GLENCROSS B.; HAWKINS W.; EVANS D.; RUTHERFORD N.; KEN P. M. D.; HAULE R. A. comparison of the effect of diet extrusion or screw-press pelleting on the digestibility of grain protein products when fed to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture Nutrition**, v. 312, p. 154-165, 2011.
- HARDY, R.W.; BARROS F.T.; HALVER E.; HARDY R.W. Diet formulation and manufacture in fish nutrition, Jeds. San Diego. CA: academic press. p. 505-600, 2002.
- HERTRAMPF, J.W. Internal physical properties of shrimp feed. **Aqua Cult. Asia Pac.** v. 3, p. 20 – 21, 2007.
- HUAI, M. Y.; TIAN, L. X.; LIU, Y. J. Quantitative dietary threonine requirement of juvenile Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone) reared in low-salinity water. **Aquaculture Research**, v. 40, n. 8, p. 904–914, 2009.
- JASMINE, G. I. Suitability of different binders in feed formulation for *Penaeus indicus*. **Journal of the Marine Biological Association of India**, v. 42, p. 62-73, 2000.
- KONG X.; H. ZHOU; H. QIAN. Enzymatic hydrolysis of wheat gluten by proteases and properties of the resulting hydrolysates. **Food Chemistry**, v. 102, p. 759–763, 2007.
- KNUDSEN B. K.E. Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding. *Anim. Feed Sci. Technol.* v. 67, p. 319–338, 1997.
- LINDLEY, R.H. Mixing processes for agricultural and food materials: 1. Fundamentals of mixing. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 48, p. 153-170, 1991.
- MENDOZA, R.; DIOS D. A.; VAZQUEZ, C.; CRUZ, E.; RICQUE, D.; AGUILERA, C.; MONTEMAYOR, J. Fishmeal replacement with feather-enzymatic hydrolyzates co-extruded with soya-bean meal in practical diets for the Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Aquaculture Nutrition**, v. 7, p. 143–151, 2001.
- MILLAMENA, O. M.; TERUEL, B.M. N.; KANAZAWA, A. Methionine requirement of juvenile tiger shrimp *Penaeus monodon* Fabricius. **Aquaculture**, v. 143, p. 403–410, 1996.
- NUNES, A. J. P.; SÁ, M. V. C.; BROWDY, C. L.; VAZQUEZ-ANON, M. Practical supplementation of shrimp and fish feeds with crystalline amino acids. **Aquaculture**, v. 431, p. 20–27, 2014.

NUNES, A. J.P.; GESTEIRA, T.C.V; GODDARD, S. Capacidade e comportamento manipulativo do camarão *Penaeus subtilis* Pérez-Farfante, (crustácea, penaeidae) na presença de ração peletizada em condições de laboratório. **B. Inst. Pesca**, v. 24, p. 11-20, 1997.

NUNES, B.S.; CARVALHO, F.D.; GUILHERMINO, L.M.; STAPPEN, G.V. Use of the genus *Artimia* in ecotoxicity testing. *Environ. Pollut.* v. 144, p. 453–462, 2006.

NRC. Nutrient Requirements of Fish and Shrimp. Animal Nutrition Series. National Research Council of the National Academies. **The National Academies Press**, p. 376, 2011.

OBALDO, L.G.; DIVAKARAN, S.; ALBERT TACON, G. Method for determining the physical stability of shrimp feeds in water. **Aquaculture**, v. 33, p. 369–377, 2002.

ROSAS, C.; JULIA T.; BAEZA J.; SÁNCHEZ A.; SOSA V.; PASCUAL C.; ARENA L.; DOMINGUES P.; CUZON G. Effect of type of binder on growth, digestibility, and energetic balance of *Octopus maya*. Original Research Article. **Aquaculture**, v. 275, p. 291-297, 2008.

SCHERF, K. A.; UMSEHER, L.; KIEFFER, R.; KOEHLER P. Optimization of a micro-scale extension test for rehydrated vital wheat gluten. **Journal of Cereal Science**, v. 68, p. 140-147, 2016.

SINHA, A.K.; KUMAR, V.; MAKKAR, H.P.S.; DE BOECK, G.; BECKER, K. Non-starch polysaccharides and their role in fish nutrition. **A review Food Chemistry**, v. 127, p. 1409-1426, 2011.

SHANKAR, J.T.; BANDYOPADHYAY, Y.S. Process variables during single- screw extrusion of fish and rice- flour blends. **Journal of food processing and preservation**, v. 29, p. 151 164, 2005.

SHEWRY, P. R. The synthesis, processing, and deposition of gluten proteins in the developing grain. **Cereal Foods World**, v. 44, p. 587–589, 1999.

SHIAU, S.Y.; LIN, S.F.; LU, L.J. Effects of different types of wheat flour in feed for grass prawn *Penaeus monodon*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, v. 57, p.705 –710, 1991.

SMITH, D.M.; ALLAN, G.L.; WILLIAMS, K.C.; BARLOW, C. Fishmeal replacement research for shrimp feed in Australia. p. 277- 286, 2005.

SØRENSEN, M. A review of the effects of ingredient composition and processing conditions on the physical qualities of extruded high-energy fish feed as measured by prevailing methods. **Aquaculture Nutrition**, v. 18, p. 233–248, 2012.

STOREBAKKEN T.; ZHANG Y.; JINGJING M.A.; ØVERLAND M.; MYDLAND L. T.; KRAUGERUD F. O.; APPER E.; FENEUIL A. Feed technological and nutritional properties of hydrolyzed wheat gluten when used as a main source of protein in extruded diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v. 448, p. 214–218, 2015.

STOREBAKKEN, T.; SHEARER, K.D.; BAEVERFJORD, G.; NIELSEN, B.G.; ÅSGÅRD, T.; SCOTT, T.; DE LAPORTE, A. Digestibility of macronutrients, energy and amino acids,

absorption of elements and absence of intestinal enteritis in Atlantic salmon, *Salmo salar*, fed diets with wheat gluten. **Aquaculture**, v. 184, p. 115–132, 2000.

TACON, A.G.J.; HASAN M.R.; METIAN M. Demand and supply of feed ingredients for farmed fish and crustaceans: trends and prospects. FAO fisheries and aquaculture technical. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, p. 564, 2011.

TACON, A. G. J.; CODY, J. J.; CONQUEST, L. D. Effect of culture system on the nutrition and growth performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed different diets. **Aquaculture Nutrition**, v. 8, p. 121–137, 2002.

TAN, R.K.H.; DOMINY, W.G. Commercial pelleting of crustacean feeds. In: D'ABRAMO, L.R.; CONKLIN, D.E.; AKIYAMA, D.M. (Eds.), Crustacean Nutrition. **The World Aquaculture**, p. 520–549, 1997.

VASAGAMT K.P.; KUMARAGURU, S.; RAMESH, T.; BALASUBRAMANIAN. Dietary value of different vegetable oil in black tiger shrimp *Penaeus monodon* in the presence and absence of soy lecithin supplementation: Effect on growth, nutrient digestibility and body composition. **Aquaculture**, v. 250 p. 317– 327, 2005.

VICTOR, S. A.; SHIVANANDAMURTHY, H. Synthetic binder replaces wheat gluten in experimental feeds. **Global Aquaculture Advocate**, p. 68-69, 2003.

VOLPE, M.G.; VARRICCHIO, E.; COCCIA, E.; SANTAGATA, G.; STASIO, M. D.; MALINCONICO, M.; PAOLUCCI, M. Manufacturing pellets with different binders: Effect on water stability and feeding response in juvenile *Cherax albidus*. **Aquaculture**, v. 324-325, p. 104 – 110, 2012.

VOLPE, M.G.; MALINCONICO, M.; VARRICCHIO, E.; PAOLUCCI, M., Polysaccharides as biopolymers for food shelf-life extension: recent patents. **Recent Patents on Food, Nutrition & Agriculture**, v. 2, p. 129–139, 2010.

ZHOU, Q. C.; WANG, Y. L.; WANG, H. L.; TAN, B. P. Dietary threonine requirements of juvenile Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, v. 392-395, p. 142–147, 2013.

ZHOU, Q. C.; ZENG, W. P.; WANG, H. L. Dietary arginine requirement of juvenile Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, v. 364-365, p. 252–258, 2012.

ZHOU, Q.C.; ZHOU, J.B.; CHI, S.Y.; YANG, Q.H; LIU, C.W. Effect of dietary lipid level on growth performance, feed utilization and digestive enzyme of juvenile ivory shell, *Babylonia areolata*. **Aquaculture**, v. 272, 2007.

ZHEN, M.; RONG, W.; XIEFA, S.; LEI, G. The effect of three culture methods on intensive culture system of pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Journal of Ocean University of China**, v. 12, n.3, p. 434–440, 2013.