



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PESCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PESCA

RAFAEL BARROSO MARTINS

**SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO FARELO DE SOJA E DA FARINHA DE TRIGO
PELO FARELO DE ALGODÃO EM DIETAS BALANCEADAS PARA JUVENIS DE
CAMARÃO BRANCO, *Litopenaeus vannamei*.**

FORTALEZA

2014

RAFAEL BARROSO MARTINS

SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO FARELO DE SOJA E DA FARINHA DE TRIGO PELO
FARELO DE ALGODÃO EM DIETAS BALANCEADAS PARA JUVENIS DE
CAMARÃO BRANCO, *Litopenaeus vannamei*.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia de Pesca do Departamento de Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Pesca. Área de concentração: Aquicultura.

Orientador: Prof. Marcelo Vinícius do Carmo e Sá. DSc.

FORTALEZA

2014

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)

M345s Martins, Rafael Barroso.

Substituição parcial do farelo de soja e da farinha de trigo pelo farelo de algodão em dietas balanceadas para juvenis de camarão branco, *Litopenaeus vannamei* / Rafael Barroso Martins. – 2014.
46 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Pesca, Fortaleza, 2014.

Orientação: Prof. Dr. Marcelo Vinícius do Carmo e Sá.

1. Carcinicultura. 2. Proteína vegetal. 3. Ingredientes regionais. 4. Farelo de algodão. 5. *Litopenaeus vannamei*. I. Título.

CDD 639.2

RAFAEL BARROSO MARTINS

SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO FARELO DE SOJA E DA FARINHA DE TRIGO PELO
FARELO DE ALGODÃO EM DIETAS BALANCEADAS PARA JUVENIS DE
CAMARÃO BRANCO, *Litopenaeus vannamei*.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia de Pesca do Departamento de Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Pesca. Área de concentração: Aquicultura.

Aprovada em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcelo Vinicius do Carmo e Sá (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

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

Prof. Dr. Rodrigo Antonio Ponce de Leon Ferreira de Carvalho
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

A Deus, pai absoluto.

A minha família e amigos que tanto me apoiaram nessa caminhada.

AGRADECIMENTOS

A Deus, meu pai e meu guia, por me conceder essa existência, pelo auxílio nas horas difíceis, pela energia, saúde e por me guiar sempre.

Aos meus pais, Altamir Guilherme e Ísis Valéria pelo amor e por me apoiarem em minhas escolhas e por sempre ficarem felizes com minhas conquistas. Espero ser um bom profissional e ser um motivo de orgulho para vocês.

A minha companheira Paula Naiane, que está sempre ao meu lado, me erguendo nas dificuldades e sendo peça fundamental na minha caminhada.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcelo Vinícius do Carmo e Sá por acolher-me sob sua orientação desde a graduação sendo importante para a minha formação como Engenheiro de Pesca. Somente com seus ensinamentos, sua paciência, dedicação e atenção foi possível a construção desse trabalho.

Ao Prof. Dr. Alberto Nunes por ter me concedido a oportunidade de trabalhar no LANOA, laboratório pelo qual é responsável.

Ao parceiro Michael Masaki Freitas Akao, pela ajuda, companheirismo, auxílio, compartilhando as tarefas e os estudos nesses anos de trabalho.

Aos meus colegas do CEAC: Carolina Vieira, Leandro Fonseca, Hassan Sabry, Hélio Pires, Sebastião Junior, Sandra Maria, Guilherme, Vitor Proença e Felipe Nobre, pela companhia e ajuda durante o período de trabalho.

Aos meus amigos Jessica Lucinda, Nayara Caldini, Davi Cavalcante, Vanessa Tomaz, Hermano Hertz, Leonardo Capistrano, Roberto Lima, Fabrícia Quaresma, Fernando Luís e Lorena Leite. Mesmo em outro local de trabalho foram parceiros inestimáveis.

A toda a minha família que me apoiou e me incentivou nesse período de tantas lutas. Sem eles todo esse esforço seria impossível.

RESUMO

Ingredientes de origem vegetal são cada vez mais procurados para compor as rações destinadas à carcinicultura. A busca por tais matérias primas gera uma grande demanda do mercado por ingredientes tradicionais que são produzidos na sua maioria em outras regiões, elevando o custo das formulas. A utilização de ingredientes regionais pode proporcionar um melhor retorno aos carcinicultores do Nordeste, principal produtor nacional de camarões marinhos. O presente trabalho avaliou o desempenho zootécnico de juvenis de *Litopenaeus vannamei* quando alimentados com dietas contendo farelo de algodão como substituto parcial do farelo de soja e farinha de trigo. Juvenis de *L. vannamei* de $1,51 \pm 0,05$ g foram estocados em tanques de 500 L na densidade de 70 camarões/m² durante 72 dias em um sistema com recirculação e filtragem contínua. Foi utilizada uma dieta controle (FA0), contendo 0% de inclusão de farelo de algodão, sendo as demais dietas acrescidas de farelo de algodão em níveis de 3%, 6%, 9% e 12%. Ao final do estudo foram avaliadas as médias para sobrevivência (%), peso corporal final (g), ganho em peso semanal (g), produtividade (g m⁻²), consumo aparente de ração (g camarão⁻¹) e fator de conversão alimentar. Os resultados mostraram que não houve diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos para todos os parâmetros avaliados. Tais resultados nos permitem concluir que é possível reduzir os níveis de inclusão de farinha de trigo em 17% e farelo de soja em 11%, substituindo por um ingrediente regional (farelo de algodão), reduzindo os custos na formulação de rações para o *L. vannamei*.

Palavras-chave: Carcinicultura. Proteína vegetal. Ingredientes regionais. Farelo de algodão. *Litopenaeus vannamei*.

ABSTRACT

Ingredients of vegetable origin are increasingly sought to compose the feeds for farm-reared shrimp. The search for such raw materials generates a large market demand for traditional ingredients that are produced mostly in other regions, raising formula cost. The use of regionally-available ingredients can provide a better return to shrimp farmers in the Northeastern Brazil, the main national producer of farmed shrimp. This study evaluated the growth performance of juvenile *Litopenaeus vannamei* when fed diets containing cottonseed meal as a partial substitute for soybean meal and wheat flour. *L. vannamei* juveniles of 1.51 ± 0.05 g were stocked in 500 L tanks at a density of 70 shrimp m⁻² for 72 days in a continuous water recirculation and filtering system. A control diet (FA0) was used, containing no inclusion of cottonseed meal. The other diets were prepared to contain cottonseed meal at 3%, 6%, 9% and 12% of the diet. At the end of the study, mean values were evaluated for shrimp survival (%), shrimp final body weight (g), shrimp weekly weight gain (g), shrimp yield (g m⁻²), apparent shrimp feed intake (g shrimp⁻¹) and feed conversion ratio. Results showed no statistically significant difference between dietary treatments for all parameters evaluated. These results allow us to conclude that it is possible to reduce the inclusion levels of wheat flour and soybean meal at 17% and 11%, respectively, substituting for a regionally-available ingredient (cottonseed meal), reducing formula costs for feeds of *L. vannamei*.

Keywords: Shrimp farming. Plant protein. Regional ingredients. Cottonseed meal. *Litopenaeus vannamei*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 Os números de 1 a 25 se referem à numeração dos tanques utilizados no sistema de cultivo *indoor* do LANOA/CEAC. FA0, FA3, FA6, FA9 e FA12, referem-se às dietas experimentais utilizados no estudo, representando as suas respectivas taxas de inclusão do farelo de algodão: 0%, 3%, 6%, 9% e 12% (0, 30, 60, 90 e 120 g/kg). As cores representam a respectiva dieta indicada pela legenda 29
- Figura 2 Lixiviação das dietas experimentais no período de 4 horas. FA0, FA3, FA6, FA9 e FA12, referem-se às dietas experimentais utilizadas no estudo, representando os seus respectivos níveis de inclusão do farelo de algodão 0, 30, 60, 90 e 120 g/kg 35
- Figura 3 Lixiviação das dietas experimentais no período de 16 horas. FA0, FA3, FA6, FA9 e FA12, referem-se às dietas experimentais utilizadas no estudo, representando os seus respectivos níveis de inclusão do farelo de algodão 0, 30, 60, 90 e 120 g/kg 36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Protocolo de ajuste alimentar utilizado no experimento	23
Tabela 2	Comparativo nutricional entre o farelo de soja, farinha de trigo e farelo de algodão	26
Tabela 3	Ingredientes e composição centesimal das dietas usadas no experimento	27
Tabela 4	Perfil de aminoácidos essenciais das dietas experimentais (g kg^{-1} de dieta, na base seca)	28
Tabela 5	Qualidade inicial da água de cultivo experimental	34
Tabela 6	Desempenho zootécnico do <i>Litopenaeus vannamei</i> estocados com peso corporal de $1,5 \pm 0,05$ g em tanques de águas claras (salinidade = $37 \pm 0,08$; pH = $7,7 \pm 0,1$ e temperatura = $26,9 \pm 0,3$) e alimentados com dietas artificiais nas quais o farelo de soja e a farinha de trigo foram parcialmente substituídos pelo farelo de algodão	37

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1	Uso da proteína alternativa em rações balanceadas para a carcinicultura marinha.....	13
2.2	Uso de farelo de algodão como fonte de proteína na aquicultura.....	16
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1	População experimental e manejo alimentar.....	21
3.2	Sistema de cultivo e de recirculação e filtragem de água	23
3.3	Análise dos parâmetros de qualidade de água	24
3.4	Delineamento experimental e dietas	25
3.5	Fabricação das rações experimentais	29
3.5.1	<i>Obtenção e processamento do farelo de algodão.....</i>	30
3.6	Lixiviação das dietas experimentais.....	31
3.7	Análise estatística dos dados.....	32
4	RESULTADOS.....	33
4.1	Qualidade de água.....	33
4.2	Lixiviação das dietas	35
4.3	Desempenho zootécnico	36
5	DISCUSSÃO	38
6	CONCLUSÃO.....	42
	REFERÊNCIAS.....	43

1 INTRODUÇÃO

A aquicultura nas últimas décadas tem mostrado uma boa capacidade de produzir proteína de origem animal para a população mundial. Dentre as atividades da aquicultura, a carcinicultura também vem se desenvolvendo ao longo dos anos. Apesar da sua contribuição relativa na produção global aquícola (6 a 8%) ser inferior aos números da década de 80 e início da década de 90 (8 a 10%), em 2010 os crustáceos chegaram ao terceiro lugar no *ranking* mundial de produção de organismos aquáticos com 5,7 milhões de toneladas (9,6% da produção total), perdendo apenas para a produção de peixes de água doce e moluscos (FAO, 2012). Apesar do crescimento na década passada, desde 2011 a produção da carcinicultura sofre uma queda devido a Síndrome da Mortalidade Precoce (EMS) que vem atingindo principalmente a China e o sudeste asiático. Mundialmente, o cultivo de camarões vem sendo uma atividade aquícola importante para o desenvolvimento econômico de muitos países tropicais e subtropicais desde a década de 70. Devido ao seu rápido retorno econômico, a carcinicultura se expandiu bastante e logo se tornou uma indústria multimilionária (ISLAM, *et al.*, 2004).

Em 2010 o Brasil produziu 69.422 ton. de camarão marinho cultivado. Neste período a produção de camarões cultivados correspondeu a 80% da produção total da aquicultura marinha brasileira (MPA, 2010). Nesse contexto, 99,3% do camarão cultivado é produzido na Região Nordeste do Brasil (ROCHA *et al.*, 2013). Segundo esses autores, com base em um levantamento realizado em 2011, o Estado do Ceará conta com 6.580 ha de área cultivada, chegando a produzir naquele ano 31.982 ton. de camarão, o que o coloca como o maior produtor do país.

Dentre os itens que compõem os custos de produção da carcinicultura marinha, destacam-se as rações balanceadas utilizadas na alimentação dos animais. Atualmente, os subprodutos do trigo e da soja, bem como a farinha de resíduos do beneficiamento de pescado marinho (capturado ou cultivado) e os subprodutos do abate de animais terrestres constituem os principais insumos empregados na manufatura das rações para camarões marinhos. Em 2009, a produção mundial de grãos de plantas oleaginosas foi de 415 milhões de ton. A soja obteve o maior e mais rápido crescimento entre os grãos, representando pouco mais de 50% (210,9 milhões de ton.) do total. Cerca de 151,6 milhões de ton. de farelo de soja foram produzidas na safra de 2008-2009. As outras principais fontes de proteína de grãos de

oliaginosas foram a colza (30,8 milhões de ton.), o algodão (14,4 milhões de ton.) e a semente de girassol (12,6 milhões ton.) (FAO, 2012).

Como já referido anteriormente, a soja vem se destacando como o principal ingrediente proteico de origem vegetal na composição de rações para os organismos aquáticos mais cultivados. O Brasil possui a segunda maior produção desse grão, ficando atrás somente dos Estados Unidos. Na safra de 2010-2011, o Brasil produziu 75 milhões de ton. de soja (EMBRAPA, 2012). A soja apresenta um bom perfil de aminoácidos, exceto lisina e metionina, e baixos teores de lipídios e fibras (HERTRAMPF e PASCUAL, 2000). Por ser um grão bastante versátil, a soja é bastante disputada por diversas indústrias (alimentícia, de rações animais, de biocombustíveis, etc.). Em razão disso, o seu preço sofre bastante flutuação em função do mercado. Há uma concorrência direta entre a avicultura, a suinocultura e a carcinicultura pelo farelo de soja, já que esta matéria prima é também utilizada em grandes quantidades como ingrediente proteico em rações para aves e suínos (SUSSEL *et al.*, 2009).

Além de atender as exigências nutricionais dos camarões cultivados, as rações para carcinicultura devem apresentar uma baixa taxa de lixiviação quando imersas na água e, ao mesmo tempo, serem capazes de liberar os componentes atrativos que irão favorecer o rápido consumo alimentar por parte dos camarões. A farinha de trigo tem sido utilizada na fabricação de rações para camarões, atuando como aglutinante natural e fonte energética de boa digestibilidade para diferentes espécies aquícolas (Gatlin III *et al.*, 2007; Hertrampf, 2007). A farinha de trigo, entretanto, vem apresentando elevação nos preços já que, no Brasil, somente é produzida em escala significativa na Região Sul do país. O uso prioritário para farinha de trigo é na alimentação humana, sendo utilizada na fabricação de massas que são amplamente consumidas pela população. Atualmente, o Brasil importa mais trigo do que produz (CONAB, 2013).

O aumento esperado na produção de camarões cultivados no Brasil somente será possível, dentre outros fatores, com a oferta regular de grandes volumes de rações balanceadas de alta qualidade. Contudo a crescente demanda pelos subprodutos da soja e do trigo, dentre outros itens, tem ocasionado uma elevação no preço da ração, o que dificulta o crescimento desse setor no país. Portanto, é bastante pertinente a busca por fontes proteicas alternativas que possam substituir, de forma parcial ou total, o farelo de soja na fabricação de rações para carcinicultura marinha.

Dentre as alternativas existentes, destacamos a utilização do caroço de algodão como um ingrediente de origem vegetal em substituição a alguns ingredientes tradicionalmente utilizados na alimentação de animais aquáticos. Subprodutos do algodão já são bastante utilizados na alimentação de animais ruminantes, e podem também apresentar um bom potencial de utilização em rações aquícolas. A procura pelo algodão vem aumentando para utilização em diferentes fins, o que vem favorecendo um incremento na sua produção. Segundo a CONAB (2012), a safra nacional 2011/2012 de algodão em caroço chegou a 5,2 milhões de ton., superando as safras 2010/2011 (4,7 milhões de ton.) e 2009/2010 (3 milhões de ton.) (CONAB, 2011). Esse crescimento na produção proporcionou um desenvolvimento de toda cadeia produtiva do algodão, com investimentos em processamento e beneficiamento. Isso viabilizou a produção de uma maior variedade de subprodutos do algodão (óleo, caroço, farelo, torta e pluma), que estão atualmente disponíveis ao mercado. Os subprodutos do algodão são utilizados pela indústria têxtil, indústria de óleo e de alimentação animal. Quando comparado às diferentes fontes de proteína vegetal, o farelo do algodão apresenta uma ampla distribuição global e possui um bom percentual proteico. Além disso, o farelo de algodão apresenta um menor custo por unidade de proteína em relação ao farelo de soja (LI & ROBINSON, 2006).

O presente estudo teve por objetivo determinar os efeitos de níveis crescentes de farelo de algodão, em dietas balanceadas para juvenis de *L. vannamei*, sobre o desempenho zootécnico desses animais, em substituição parcial ao farelo de soja e a farinha de trigo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Uso da proteína alternativa em rações balanceadas para a carcinicultura marinha

Em virtude de toda a discussão que envolve a soja como sendo o principal ingrediente de origem vegetal nas dietas para camarões marinhos, ultimamente vários estudos vem sendo realizados buscando trazer bons resultados a respeito de ingredientes alternativos com potencial de substituição aos ingredientes tradicionais.

Existem também muitos tipos diferentes de processamentos aos quais os ingredientes podem ser submetidos para apresentarem um melhor desempenho nutricional. Nesse sentido, Cruz-Suarez *et al.* (2001) testaram no *Litopenaeus stylirostris* durante 28 dias dietas que continham até 30% de inclusão de ervilha submetidos a diferentes processos de fabricação (inteira, inteira/extrusada, descascada, descascada/extrusada e micronizada) e farelo de canola extrusado. Em rações isoprotéicas e isoenergéticas, o farelo de ervilha substituiu a soja e a farinha de trigo na razão de 1:3 partes na dieta controle. Similarmente, o farelo de canola substituiu uma porção do farelo de soja, farinha de peixe e farinha de trigo em 1:2:3 partes, respectivamente, na dieta controle. Ao final do experimento os autores observaram que os camarões triplicaram seu peso inicial, mas não diferiram significativamente entre si, com exceção da dieta com ervilha que recebeu tratamento térmico (micronizada). Os camarões alimentados com esta dieta apresentaram um ganho em peso de $340 \pm 29\%$. A sobrevivência dos camarões não foi afetada pelas dietas e os FCA's mais baixos foram os das dietas com ervilha inteira, ervilha inteira extrusada e ervilha descascada extrusada. A digestibilidade aparente dos ingredientes na matéria seca (DAMS) variou de 80,7% nas ervilhas micronizadas até 92,4% nas ervilhas descascadas/extrusadas. O farelo de canola extrusado apresentou uma DAMS de 79,4%. Os autores concluíram que a ervilha inteira é um ingrediente bastante aceitável para essa espécie de camarão. O trabalho também concluiu que a extrusão melhorou a conversão alimentar, a eficiência proteica, enquanto a micronização das ervilhas favoreceu um maior consumo aparente da ração. Por outro lado, o descasque das ervilhas não teve efeito.

Bautista-Teruel *et al.* (2003) encontraram bons resultados quando utilizaram pós-larvas 12 (PLs com 12 dias) do camarão tigre (*Penaeus monodon*) de 0.02 ± 0.01 g em 35 tanques de 60 L. Os camarões foram alimentados durante 90 dias com dietas em que o farelo

de ervilha atuou como a potencial fonte de proteína em substituição ao farelo de soja. Foram elaboradas seis dietas isoprotéicas de forma a se obter um teor de 40% de proteína bruta. O farelo de ervilha substituiu o farelo de soja em 0%, 20%, 40%, 60%, 80% e 100%, representando um total de 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 30%, respectivamente, da proteína total da dietas. Um controle negativo, sem fontes de proteínas, foi também adicionado aos tratamentos. Os camarões foram alimentados com as rações na taxa de 20 a 25% do peso corporal dos camarões, cinco vezes ao dia. Os resultados mostraram que não houve diferença significativa entre os tratamentos dietéticos quanto ao ganho em peso (5162 a 5980%), taxa de crescimento específico (4,38 a 4,61) consumo alimentar, fator de conversão alimentar (1,23 a 1,89) e taxa de eficiência proteica (1,23 a 1,66) dos camarões. A única exceção foi observada para os camarões alimentados com o controle negativo o qual apresentou valores inferiores para o ganho em peso, taxa de crescimento específico, consumo alimentar, taxa de eficiência proteica e um maior fator de conversão alimentar. A digestibilidade aparente da matéria seca e digestibilidade aparente da proteína apresentaram valores elevados de 73.38 ± 4.98 e $92.74 \pm 2.62\%$, respectivamente, que foram aumentando conforme crescia o nível de substituição de soja pela ervilha. Tais estudos contribuem para a mudança na ideia de que a soja seja um ingrediente de origem vegetal insubstituível para um bom crescimento dos animais aquícolas.

A busca por um ingrediente vegetal alternativo que proporcione bons resultados com menores custos tem sido alvo de muitas pesquisas. Gadelha *et al.* (2009) conduziram um experimento que buscou utilizar a farinha do resíduo de cevada como fonte proteica mais barata na formulação de dietas para o *L. vannamei*. Foram utilizados trinta aquários de 31 L que receberam um total de 150 camarões (5 camarões por aquário), com 3 g de peso inicial em média. Os camarões foram alimentados com cinco rações experimentais e uma comercial. O percentual de farinha de bagaço de cevada utilizado nas dietas foi de 0%; 0,6%; 12,5%; 18,7% e 25% em substituição ao percentual utilizado de farelo de milho inicial de 25%. Ao final do teste os autores não encontraram diferença significativa na sobrevivência e taxa de crescimento dos camarões, porém as dietas com 0% e 25% de substituição do farelo de milho pelo farelo de cevada apresentaram resultados mais significativos que os demais para o ganho em peso corporal.

Também com o propósito de promover o uso de proteínas alternativas, outros autores utilizam ingredientes resultantes da extração de óleo por parte da indústria de biocombustíveis, indústria essa que vem crescendo devido a atual preocupação com

combustíveis mais limpos e provenientes de fontes renováveis. Harter *et al.* (2011) substituíram a farinha de peixe pelo farelo da torta do pinhão (*Jatropha curcas* spp.) em dietas para o *L. vannamei*. A torta do pinhão, é obtida como subproduto da extração do óleo para a fabricação do biodiesel. Juvenis de camarão branco com $4,46 \pm 0,64$ g foram distribuídos em aquários com capacidade de 45 L separados em três tratamentos com quatro repetições cada. Durante oito semanas os camarões foram alimentados com dietas isoprotéicas e isoenergéticas que substituíram a farinha de peixe pelo farelo da torta do pinhão em níveis de 0, 25 e 50%. Ao final do cultivo os pesquisadores observaram que os tratamentos onde houve a substituição, os resultados foram significativamente superiores aos do grupo controle em ganho de massa corporal, taxa de crescimento específico, taxa de crescimento metabólico e conversão alimentar. A taxa de eficiência proteica não mostrou diferença estatística entre os tratamentos.

Richard *et al.* (2011) realizaram um teste em duas etapas onde na primeira foram utilizados juvenis de *Penaeus monodon* com $1,5 \pm 0,1$ g em viveiros escavados na densidade de 7,1 camarões m⁻² durante 144 dias. Na segunda etapa, os camarões foram submetidos a um teste de digestibilidade em tanques de 150 L durante cinco semanas. Os camarões foram alimentados com cinco dietas isoproteicas em que a farinha de peixe foi substituída por uma mistura de proteínas vegetais (farelo de glúten de milho, glúten de trigo e colza) em níveis de substituição de 0, 8, 16, 24 e 34%. Ao final do experimento os autores não observaram diferença significativa na sobrevivência entre os tratamentos. Porém, apenas a dieta com 8% de substituição não apresentou valores significativamente menores que o tratamento controle (0% de substituição) para ganho em peso, produtividade, biomassa e consumo aparente. Para digestibilidade aparente da matéria seca, proteína e energia, os resultados mostraram que todas as dietas experimentais apresentaram digestibilidade significativamente menores que a dieta controle.

Oujifard *et al.* (2012) fizeram a avaliação do concentrado proteico de arroz como potencial substituto da farinha de peixe em dietas para o *Litopenaeus vannamei* ($6,99 \pm 0,08$ g) alimentado cinco vezes ao dia até a saciedade durante 60 dias, em 15 tanques de 10m⁻², onde foram estocados 80 camarões por tanque. Foram fabricadas cinco dietas isoprotéicas (36,6% de proteína) que buscaram substituir 0, 25, 50, 75 e 100% da farinha de peixe pelo concentrado proteico de arroz. Após o estudo e análise dos dados zootécnicos, os autores observaram que não houve diferença significativa entre os tratamentos para sobrevivência. Foi observado também que os tratamentos que substituíam 0, 25 e 50% não mostraram

diferenças para o ganho em peso, taxa de crescimento específico e conversão alimentar, enquanto os tratamentos com maiores níveis de substituição diminuíam significativamente seus valores.

A busca de fontes de proteína alternativa proporciona o uso até de espécies vegetais mais exóticas. Molina-Poveda *et al.* (2013) utilizaram sementes de tremoço (*Lupinus mutabilis* Sweet) na alimentação de juvenis de *L. vannamei* em um experimento que durou 57 dias. Oito camarões com peso inicial de $1,23 \pm 0,22$ g foram estocados em cada aquário de 50 L. O estudo buscou substituir em níveis de 0, 25, 50, 75 e 100% a proteína da farinha de peixe pela proteína da farinha elaborada a partir da semente de tremoço. Antes da moagem, as sementes passaram por processamento específico onde foram extraídos os alcaloides, casca e gordura. Ao final da avaliação, a sobrevivência média foi de 80% não tendo sido detectada diferença significativa entre os tratamentos. Avaliando o peso corporal final e a taxa de crescimento específico (SGR % dia-1) os tratamentos com 0, 25 e 50% de substituição apresentaram valores equivalentes entre si, porém significativamente maiores que os tratamentos com 75 e 100% de substituição. Para o fator de conversão alimentar, os tratamentos não se diferenciaram significativamente, exceto a dieta com substituição total.

A carcinicultura necessita de pesquisas e investimentos para que seja possível a utilização de rações mais baratas, para possibilitar uma redução nos custos de produção, promovendo ainda mais o desenvolvimento dessa atividade.

2.2 Uso de farelo de algodão como fonte de proteína na aquicultura

Na aquicultura em geral, o farelo de algodão vem ganhando espaço por oferecer uma redução dos custos da ração e uma boa aceitação pelas diversas espécies cultivadas, já que é uma boa fonte proteica de custo relativamente inferior aos ingredientes tradicionais.

Chen *et al.* (1985) utilizaram três classes de tamanho (1, 2 e 3) de juvenis de *Penaeus setiferus* (peso médio = 0,08, 0,99 e 3,82 g) e *L. vannamei* (peso médio = 0,12, 1,39, e 4,72 g) durante três semanas alimentados com três dietas isoproteicas. Um farelo de camarão foi utilizado na dieta basal como fonte proteica, e nas outras duas dietas foi incrementado o farelo de algodão em níveis de 0; 4,5 e 9%, com a adição de hidrolisado de peixe e farelo de soja para atingir uma relação de proteína animal: proteína vegetal (A:P) de 1:1,5; 1:0,9 e 1:0,6 nas três dietas, respectivamente. Os resultados mostraram que o *L. vannamei* cresceu mais rápido que o *P. setiferus* alimentados com as mesmas dietas. O

crescimento diminuiu com o incremento de farelo de algodão e decréscimo da relação proteína animal: proteína vegetal. Esse efeito foi observado principalmente nos animais menores “classe 1”, comparado aos de tamanho intermediário e maior. Estes resultados sugeriram que o crescimento máximo dos camarões, nestas condições, também depende do seu peso corporal inicial, sendo os camarões menores menos tolerantes ao farelo de algodão que os camarões maiores. O estudo também mostrou que o *L. vannamei* é mais resistente ao incremento de farelo de algodão do que o *P. setiferus*.

Ainda existe certa resistência no uso do farelo de algodão na aquicultura devido à presença do gossipol que existe em sua matéria prima. Lim (1996) reportou o uso do farelo de algodão desengordurado (extração por solventes), em dietas para o *Litopenaeus vannamei*, utilizando consideráveis níveis de inclusão (0; 13,3; 26,5; 39,8; 53,0 e 66,3%) que substituíam em níveis de 0, 20, 40, 60, 80 e 100%, uma mistura de ingredientes de origem animal como fonte de proteína (53% de farinha de peixe savelha, 34% de farinha de resíduos de camarão e 13% lula). As dietas foram elaboradas isoprotéicas de modo a conter 32% de proteína bruta. Após oito semanas de estudo, o autor não observou diferença significativa entre o ganho em peso, consumo alimentar e sobrevivência dos camarões para os três tratamentos que receberam os menores níveis de inclusão (0, 13,3 e 26,5%). Entretanto, as dietas com níveis de inclusão superiores a 26,5% de farelo de algodão ou com mais de 1.000 ppm de gossipol livre apresentaram o desempenho afetado. Os camarões alimentados com 39,8% de farelo de algodão ou 1.600 ppm de gossipol livre apresentaram decréscimo no ganho em peso, consumo alimentar reduzido e alta mortalidade. Já os dois tratamentos com níveis mais altos de inclusão do farelo de algodão (53,0 e 66,3%), levaram a mortalidade de todos os camarões. O autor atribuiu a grande mortalidade à toxicidade do gossipol livre.

Pode-se observar um maior número de pesquisas com o farelo de algodão envolvendo espécies de peixes cultivadas. Souza & Hayashi (2003) estudaram os efeitos de uma dieta com vários níveis de inclusão de farelo de algodão na dieta de alevinos da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.). Duzentos e cinquenta alevinos, com peso médio inicial de $0,35 \pm 0,07$ g, foram distribuídos igualmente em 25 tanques de 250 L. Os peixes receberam alimentação experimental três vezes ao dia durante 42 dias de cultivo. As dietas foram preparadas para serem isoprotéicas e isoenergéticas e apresentavam níveis de inclusão de 0, 20, 40, 60 e 80% de inclusão de farelo de algodão. Ao final dos testes, a sobrevivência da tilápia não mostrou diferença estatística entre os tratamentos. Entretanto, os resultados

mostraram que acima de 40% de inclusão os valores foram significativamente piores em ganho em peso, conversão alimentar e taxa de eficiência proteica.

No mesmo sentido Souza *et al.* (2004) realizaram um experimento em que avaliaram o desempenho de alevinos de piavuçu (*Leporinus macrocephalus*) durante 54 dias, alimentados três vezes ao dia com uma dieta que recebeu níveis de inclusão de farelo de algodão de 0, 7, 14, 21 e 28%. Os alevinos de $0,58 \pm 0,18$ g foram cultivados em 25 tanques de 250 L contendo dez alevinos por tanque. As dietas foram formuladas para conterem 28% de proteína e 3.000 Kcal/kg de energia digestível, sendo todas isoprotéicas e isoenergéticas. O farelo de algodão utilizado para a formulação das rações continha 40,33% de proteína bruta e 13,50% de fibra bruta. Os resultados demonstraram que o ganho em peso, conversão alimentar, taxa de eficiência proteica, fator de condição e sobrevivência não sofreram prejuízos significativos em função dos diferentes níveis de inclusão do farelo da semente de algodão na ração. Os resultados também mostraram que à medida que os níveis de inclusão aumentavam, a porcentagem de proteína na carcaça dos peixes diminuía linearmente, enquanto os teores de cinza e fósforo na carcaça apresentavam um aumento linear.

Monentcham *et al.* (2010) elaboraram dietas que visavam substituir progressivamente a farinha de peixe por uma mistura de farelo de soja e farelo de semente de algodão (50% de cada) utilizando níveis de substituição de 0, 25, 50 e 75% de substituição na alimentação de alevinos do “African bony tongue” (*Heterotis niloticus*). Alevinos da espécie *Heterotis niloticus* foram capturados no rio Nyong (Yaounde, Camarões) e estocados em hapas com volume de 500 L com peso inicial médio de 5 g durante 60 dias. Os animais foram alimentados duas vezes ao dia até a saciedade. Ao fim do estudo, os autores não encontraram diferenças significativas entre o tratamento controle (0% de substituição) e os tratamentos com 25 e 50% de substituição quando avaliado o peso final (g) e a taxa de crescimento específico (SGR % dia⁻¹). Já a eficiência alimentar e a taxa de eficiência proteica, somente as dietas com 25% de substituição apresentaram valores significativamente equivalentes ao grupo controle. Este apresentou os maiores valores para esse quesito. A retenção proteica dos animais diminuiu progressivamente com o aumento da taxa de substituição. Não foram encontradas diferenças entre os grupos para a sobrevivência. Quando o custo incidente foi calculado, as rações menos onerosas foram as que possuíam 25 e 50% de substituição da farinha de peixe pela mistura de farelo de soja e farelo de algodão.

Kleemann *et al.* (2011) buscaram estudar os efeitos da substituição parcial do farelo de soja pelo farelo de algodão, fabricados a partir de dois métodos de processamento

em tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Durante 95 dias, juvenis de tilápia com $4,60 \pm 0,23$ g foram cultivados em 32 tanques-rede com capacidade para 200 L cada, instalados em oito aquários com capacidade para 1.000 L cada (quatro tanques-rede por aquário). Quatro níveis de substituição (0; 12,5; 25 e 50%) da proteína do farelo de soja pela proteína do farelo de algodão foram usados para compor as rações experimentais, correspondendo às inclusões de 0; 8; 16 e 32% de farelo de algodão, respectivamente. As rações experimentais passaram por dois métodos de processamento diferentes, peletização e extrusão. As mesmas foram formuladas de forma a se apresentarem isoproteicas, isoenergéticas e isofibrosas. A sobrevivência da tilápia não mostrou diferença entre os tratamentos variando de 92,75 a 100%. Os resultados também mostraram que os níveis de substituição da proteína do farelo de soja pela proteína do farelo de algodão não provocaram prejuízos significativos aos parâmetros de desempenho zootécnico (ganho de peso, de consumo de ração, as taxas de conversão alimentar e de eficiência proteica e do rendimento de filé dos peixes). Porém, entre os dois métodos de processamento das rações houve diferença para o ganho em peso, conversão alimentar e taxa de eficiência proteica. As rações extrusadas apresentaram melhores respostas, exceto para o consumo de ração e rendimento do filé que não mostraram diferença estatística.

Maiores níveis de substituição do farelo de soja pelo farelo da semente de algodão foram estudados por El-Saidy & Saad (2011) utilizando a tilápia (*Oreochromis niloticus*). Neste estudo, 15 alevinos de tilápia de $4,79 \pm 0,1$ g foram cultivados em aquários com capacidade para 80 L onde receberam uma alimentação que buscava substituir em níveis de 0, 25, 50, 75 e 100% o farelo de soja (SBM) pelo farelo da semente do algodão (CSM). Os resultados mostraram que, para a tilápia, a substituição de SBM por CSM pode ser realizada até níveis de 75% sem causar prejuízos significativos em ganho em peso, taxa de crescimento específico (SGR % dia⁻¹), consumo alimentar, fator de conversão alimentar e eficiência proteica. O coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína e fósforo diminuem significativamente com o incremento de CSM, enquanto a digestibilidade de lipídios não foi afetada.

A tecnologia também tem colaborado para aumentar a variedade de ingredientes disponíveis ao mercado de ração. Através de modificações genéticas foi possível produzir uma semente de algodão sem as glândulas lisogênicas. Como essas glândulas são o local de armazenamento do gossipol, a sua ausência levou a crer que o farelo de algodão pode possuir um melhor potencial como fonte de proteína em dietas para animais aquáticos. Siccardi *et al.*

(2012) promoveram um estudo dividido em duas fases. Primeiramente um estudo de digestibilidade foi conduzido utilizando seis farelos de semente de algodão desengordurados, tratados com diferentes técnicas de processamento e um farelo de semente tradicional. Os resultados do estudo mostraram que a digestibilidade aparente da proteína nas seis dietas desengorduradas aumentaram de 72,4 a 94,1%, de acordo com o grau de refinamento do farelo, e foram geralmente maiores que a digestibilidade aparente de 82,3% do farelo do caroço de algodão tradicional (sem modificação genética). Baseado nesses resultados uma segunda fase do estudo foi realizado para avaliar o desempenho zootécnico utilizando uma linha de camarões de crescimento rápido, numa densidade de 40 camarões m³ alimentados com uma dieta elaborada a partir do estudo de digestibilidade que continha diferentes níveis de inclusão de farelo de algodão e que substituía a farinha de peixe. As dietas isoprotéicas e continham 35% de proteína bruta com 30% de inclusão de farinha de peixe. Os resultados mostraram que o farelo de algodão desengordurado pode substituir em até 67% a farinha de peixe sem afetar significativamente o crescimento do *Litopenaeus vannamei* (2,58 g semana⁻¹) e a conversão alimentar (1,29). No ano seguinte, em outra etapa da pesquisa, uma dieta comercial com 35% de proteína bruta, 50% da farinha de peixe foi substituída por três farelos de algodão desengordurado na dieta do *L. vannamei* da linha SPR (resistente ao vírus Taura), na densidade de 72 camarões m³. Nas dietas, os farelos de algodão variaram de 51,9 a 61,2% de proteína bruta dependendo da técnica de processamento que recebiam na fabricação. Ao final do estudo, quando o camarão apresentou um peso final de 20,2 g em média, não foi observado diferença entre os tratamentos que apresentaram médias de conversão alimentar de 1,23; taxa de crescimento de 1,9 (g semana⁻¹) e sobrevivência de 97,8%.

O farelo de algodão ainda é um ingrediente pouco estudado, apesar de alguns trabalhos mostrarem que a inclusão desse farelo pode trazer redução nos custos de produção da ração sem trazer prejuízos ao crescimento dos animais aquícolas. Mais pesquisas no campo do processamento e genética dos grãos são necessárias para fortalecer o uso do farelo de algodão em rações para a aquicultura.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 População experimental e manejo alimentar

O estudo foi realizado no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos - LANOA, que faz parte do Centro de Estudos em Aquicultura Costeira – CEAC, que por sua vez faz parte de Instituto de Ciências do Mar - LABOMAR da Universidade Federal do Ceará. O LANOA/CEAC está situado no município do Eusébio, no Estado do Ceará, Brasil (3°53'15" S; 38°22'30" O).

As pós-larvas de *L. vannamei* com 12 dias (PL12) utilizadas no presente trabalho foram adquiridas da larvicultura comercial Aquatec Aquicultura Ltda. (Canguaretama, Rio Grande do Norte, Brasil). As PLs foram transportadas até o laboratório no dia 18/03/2013, durante a madrugada, em sacos plásticos contendo 16 L de água salgada. No total, foram recebidas 20 mil PLs (666 PLs/L). Ao chegarem ao laboratório, as PLs foram estocadas em um tanque-berçário de 20.000 L, na densidade de 1 PL L⁻¹. As PLs de camarão foram alimentadas oito vezes ao dia, às 03:00, 07:00, 09:00, 11:00, 13:00, 15:00, 17:00 e 23:00 h, com uma ração farelada produzida no próprio laboratório. Nessa fase, foram fornecidos às PLs também três dietas comerciais, Flake, Epac e Stress pak (Inve Aquaculture, Inc.).

Quando os juvenis atingiram 1 g de peso corporal, realizou-se uma repicagem, dividindo-se a população inicial em dois tanques de 20.000 L, estocados na densidade de 10.000 camarões por tanque (0,5 juvenis L⁻¹). Essa fase durou 54 dias até que os juvenis atingissem um peso corporal de 1,51 ± 0,05 g (n = 100). Quando isso aconteceu, foi realizado o povoamento do sistema de cultivo em 11/05/2013. Foi retirada e pesada uma amostra de camarões para determinação da faixa de peso desejável para o povoamento inicial. A quantidade limitada de camarões e a diferença de tamanho entre os animais disponíveis obrigaram ao emprego de um mais amplo intervalo de peso corporal inicial, entre 1 a 2 g. Os juvenis foram pesados individualmente em uma balança de precisão (Ohaus Adventurer, modelo ARA520, Toledo do Brasil Indústria de Balanças Ltda., São Bernardo do Campo, São Paulo). Os animais foram estocados em 25 tanques circulares de polipropileno de 500 L, com 0,57 m² de área de fundo, preenchidos com água clara, povoados na densidade de 40 camarões por tanque (70 camarões m⁻²).

Após o povoamento dos animais nos tanques, foi realizada uma aclimação de oito dias às condições experimentais. Nesse período, os camarões foram alimentados com

ração comercial (Cameronina 35 HP; InVivo Nutrição e Saúde Animal Ltda., São Lourenço da Mata, Pernambuco, Brasil). Terminada a aclimatação, os camarões passaram a ser alimentados com as respectivas dietas experimentais durante um período total de 72 dias. Durante o experimento, os camarões foram alimentados diariamente, às 07:30, 11:30 e 15:30 h. Os camarões foram continuamente expostos às dietas por dois períodos de 4 h (de 07:30 às 11:30 e 11:30 às 15:30 h) e um período de 16 h (de 15:30 às 07:30 h). As rações foram ofertadas aos camarões em bandejas circulares de alimentação, confeccionadas com aros de PVC (141 mm de diâmetro e bordas com 35 mm de altura) e forradas na parte inferior com tela de náilon (malha com 640 μ m de abertura). Uma bandeja de alimentação foi posicionada na sua parte central do fundo de cada tanque. A cada alimentação, as bandejas foram individualmente inspecionadas para detectar a presença de sobras, as quais, quando observadas, foram coletadas para pesagem e armazenamento em freezer.

No primeiro dia de alimentação, as rações foram ofertadas individualmente a cada tanque, numa taxa de 5% da biomassa de camarões presentes no tanque. Nos dias seguintes, a taxa alimentar foi mantida em 5%, ajustada de acordo com a demanda alimentar dos animais. Para tanto, observou-se a presença ou ausência de sobras de ração no segundo horário de alimentação (11:30 h). Isso permitia a mudança na quantidade de ração ofertada aos camarões. O ajuste da oferta de ração foi feito quando não se observava sobras de ração nas bandejas. A refeição foi reduzida quando foi observada a presença de sobras na bandeja (Tabela 1). Inicialmente, o ajuste do arraçamento foi de 5% da quantidade anteriormente ofertada. Entretanto, como se observou um elevado consumo de ração pelos camarões, indicado pela ausência de sobras nas bandejas, decidiu-se modificar o protocolo inicial de ajuste da oferta alimentar. A partir do 19º dia em diante, o ajuste passou a ser de 10% da quantidade de ração anteriormente ofertada.

Tabela 1- Protocolo de ajuste alimentar utilizado no experimento

Presença de sobras nas bandejas	Ajuste na oferta
Sim	Nenhum; manter a mesma taxa de alimentação. Aumentar em 5% a taxa de alimentação anteriormente empregada.
Não (até o 19º dia)	empregada.
Não (a partir do 19º dia até o final do experimento)	Aumentar em 10% a taxa de alimentação anteriormente empregada.

Durante o período experimental, os camarões encontrados mortos nos tanques foram coletados e contabilizados. Durante o cultivo, não houve a reposição de animais mortos. Na despesca (biometria final), os camarões foram pesados vivos, individualmente em uma balança de precisão (Ohaus Adventurer, modelo ARA520, Toledo do Brasil Indústria de Balanças Ltda., São Bernardo do Campo, São Paulo).

3.2 Sistema de cultivo e de recirculação e filtragem de água

A água do sistema de cultivo foi filtrada em sistema de recirculação visando obter uma água de alta qualidade físico-química e que apresentasse as características ideais para carcinicultura marinha. Além disso, a filtragem da água teve por objetivo a obtenção de água clara, que não interferisse no crescimento dos animais, permitindo que o desempenho zootécnico fosse resultado apenas do efeito nutricional das dietas testadas.

O sistema de recirculação de água operava em área coberta (*indoor*), havendo a filtragem e aeração contínua da água, durante todo o cultivo. De um total de 100 tanques do sistema *indoor* do LANOA/CEAC, foram utilizados para este estudo, um total de 25 tanques de polipropileno de cor azul (Plastsan Plásticos do Nordeste Ltda. Caucaia, Ceará) com volume individual de 500 L e área útil de fundo de 0,57 m². Os tanques foram mantidos em um galpão coberto de 500 m² onde a influência de variáveis ambientais sob o cultivo, tais como temperatura, chuva, iluminação solar, ventos e ciclo lunar, foi minimizada. Isso permitiu um maior controle sob as condições experimentais. Os tanques de cultivo possuíam água clara, isenta de plâncton e outros organismos que pudessem atuar como alimento natural para os camarões cultivados.

Os tanques de cultivo do sistema *indoor* do LANOA/CEAC são interligados por canos de PVC, formando dois conjuntos de 50 tanques cada um. Cada conjunto de tanques opera em regime de recirculação contínua de água, de forma independente. Cada conjunto de 50 tanques é equipado com três eletrobombas (WEG Indústrias S.A., Guarulhos, São Paulo) de serviço contínuo, monofásica, na potência de 1/4 cv, tensão de 220 V e vazão nominal de 3,8 m³/h, além de um tanque de 20.000 L e dois de 10.000 L localizados na área externa do galpão. A água de cultivo foi submetida a uma filtragem contínua, inicialmente em um filtro mecânico de areia de alta vazão (Dancor S.A. Indústria Mecânica, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro), com área filtrante de 0,07 m², ligado a uma eletrobomba. Em seguida, a água passava por um filtro de cartucho (modelo: XL-234, FSI, Michigan, IN, EUA) de 85 PSI. Finalmente, a água passava através de *bag-nets* com malhas de 20 e 15 µm que faziam uma última filtragem dos resíduos. As malhas dos “bag-nets” foram trocadas, lavadas e cloradas diariamente, ao longo de todo cultivo.

Durante o cultivo, os tanques foram mantidos cobertos por uma tampa azul de PVC para evitar o escape de camarões, minimizar o excesso de luminosidade e a interferência de outros fatores externos. As tampas possuíam uma abertura central, em formato circular, para permitir a introdução e a remoção das bandejas de alimentação. A água de cultivo foi oxigenada de forma contínua através de um sistema de aeração composto por três compressores radiais (Ibram Indústria Brasileira de Máquinas e Equipamentos, São Paulo, São Paulo), com motores trifásicos de 2,0 cv de potência. Dois pontos de alimentação de ar, composto por duas pedras porosas localizadas em lados opostos do tanque, foram posicionados distantes cerca de 15 cm do fundo de cada tanque.

3.3 Análise dos parâmetros de qualidade de água

No início do experimento, procedeu-se a análise da qualidade da água do sistema de cultivo. Para tanto, oito amostras de água foram retiradas do sistema, sendo cinco amostras da água dos tanques (uma de cada bateria de tanques), outras duas amostras dos afluentes dos tanques e uma amostra do efluente do sistema. Foram realizadas a determinação das seguintes variáveis físico-químicas das amostras coletadas: nitrogênio amoniacal total, nitrito, fósforo reativo, CO₂ livre e matéria orgânica (Tabela 5). Essas determinações foram realizadas de acordo com as recomendações da APHA (1999). As amostras de água analisadas em laboratório foram diluídas na proporção de 1:20. Tais análises foram realizadas no

Laboratório de Ciência e Tecnologia Aquícola - LCTA, integrante do Departamento de Engenharia de Pesca, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, *Campus do Pici*, Fortaleza, Ceará. Além dessas variáveis iniciais de qualidade de água, foi realizado o monitoramento diário do pH, salinidade e temperatura da água de cultivo. A temperatura e o pH da água foram determinados com o auxílio de um pH-metro portátil (ITPH 2100, INSTRUTEMP Instrumentos de Medição Ltda., Belenzinho, SP.); a salinidade da água foi obtida mediante o emprego de um refratômetro (RTS-101ATC, Instrutherm Instrumentos de Medição Ltda., São Paulo, SP).

3.4 Delineamento experimental e dietas

No presente estudo, foi avaliado o desempenho zootécnico de juvenis do camarão branco do Pacífico, *Litopenaeus vannamei*, quando submetidos a dietas com níveis crescentes de inclusão de farelo de algodão, em substituição parcial ao farelo de soja e à farinha de trigo. A inclusão de farelo de algodão nas dietas variou de 3 a 12% (30 – 120 g/kg). Havia uma dieta controle (FA0) sem farelo de algodão e outras quatro dietas experimentais, todas isoprotéicas, isolipídicas e isoenergéticas (Tabela 3). As dietas experimentais continham os seguintes níveis de inclusão de farelo de algodão: 0%, 3%, 6%, 9% e 12%, essas dietas foram designadas, respectivamente, como FA3, FA6, FA9 e FA12.

Com base no perfil nutricional dos ingredientes calculou-se que os níveis de proteína bruta (PB), lipídios totais e energia bruta das dietas variaram apenas 0,1%; 0,1% e 1,1%, respectivamente. Em valores absolutos, isso significa de 375,1 a 374,7 g kg⁻¹ de PB; 83,5 a 83,6 g kg⁻¹ de lipídios totais; e 17,5 a 17,9 MJ kg⁻¹ de energia bruta (Tabela 3).

Tabela 2 - Comparativo nutricional entre o farelo de soja, farinha de trigo e farelo de algodão¹.

Composição		Farelo de soja ²	Farinha de trigo	Farelo de algodão ³
Proteína bruta	%	45,22	12,26	18,97
Gordura	%	1,69	1,70	8,25
Fibra bruta	%	5,30	9,66	24,93
Energia bruta (MJ/kg ⁻¹)		16,9	15,8	17,3
Perfil aminoacídico				
Lisina	%	2,77	0,30	0,79 ⁴
Metionina	%	0,64	0,20	0,29 ⁴
Met + Cis	%	1,27	0,49	0,61 ⁴
Triptofano	%	0,62	0,14	0,32 ⁴
Treonina	%	1,78	0,35	0,63 ⁴
Arginina	%	3,33	0,52	2,23 ⁴
Glis + Ser	%	4,21	1,04	1,62 ⁴
Valina	%	2,16	0,50	0,85 ⁴
Isoleucina	%	2,10	0,48	0,60 ⁴
Leucina	%	3,52	0,85	1,13 ⁴
Histidina	%	1,17	0,28	0,54 ⁴
Fenilalanina	%	2,30	0,60	1,03 ⁴
Fen + Tir	%	3,84	0,88	1,48 ⁴

¹ Valores de acordo com ROSTAGNO *et al.* (2011).

² Farelo de soja 45% PB.

³ Farelo de algodão 19%PB.

⁴ (Valor do farelo de algodão 30%PB) * (0,64).

Tabela 3. Ingredientes e composição centesimal das dietas usadas no experimento.

Ingredientes	Dietas / composição (g kg ⁻¹) / % de inclusão de FA ¹				
	0%	3%	6%	9%	12%
Farinha de trigo	300	300	300	271,5	250,9
Farelo de soja	300	288,5	276,5	273,4	267,8
Farinha de resíduos do processamento de salmão cultivado ²	120	120	120	120	120
Farinha de vísceras ³	80	80	80	80	80
Óleo de peixe	20	18,1	15,9	14,4	12,6
Lecitina de soja	15	15	15	15	15
Sal comum	10	10	10	10	10
Premix-mineral vitamínico ⁴	10	10	10	10	10
Aglutinante ⁵	5	5	5	5	5
Fosfato bicálcico	30	33,1	27,6	30,8	28,6
Atrativo ⁶	10	10	10	10	10
CPS ⁷	45	45	45	45	45
Vitamina C ⁸	1	1	1	1	1
Farinha de peixe nacional ⁹	24	24	24	24	24
Caolim	30	10,4	0	0	0
Farelo de Algodão ¹⁰	0	30	60	90	120
Composição proximal¹¹ (g kg⁻¹, na base seca)					
Proteína bruta	375,1	375,4	375,5	374,9	374,7
Lipídeos totais	83,5	83,8	83,7	83,7	83,6
Fibra bruta	24,4	34,9	45,4	56,1	66,8
Cinzas	150,9	133,4	116,4	120,3	118,3
Extrativos não nitrogenados ¹²	347,8	355,1	362,3	349,2	341,7
Energia bruta (MJ kg ⁻¹)	17,5	17,8	18	17,9	17,9

¹ Farelo de algodão. ² %PB: 61,3; Lipídeos: 10,0%. ³ %PB: 60,5; Lipídeos: 17,3%. ⁴ Rovimix Camarão Intensivo. DSM Produtos Nutricionais Brasil Ltda. (São Paulo, SP). Níveis de garantia por kg do produto (segundo o fabricante): vitamina A, 1.250.000 UI; vitamina D3, 350.000 UI; vitamina E, 25.000 UI; vitamina K3, 500,0 mg; vitamina B1, 5.000,0 mg; vitamina B2, 4.000,0 mg; vitamina B6, 10,0 mg; ácido nicotínico, 15.000,0 mg; ácido pantotênico, 10.000,0 mg; biotina, 150,0 mg; ácido fólico, 1.250,0 mg; vitamina C, 25.000,0 mg; colina, 50.000,0 mg; inositol, 20.000,0 mg; ferro 2.000,0 mg; cobre, 3.500,0 mg; cobre quelado, 1.500,0 mg; zinco, 10.500,0 mg; zinco quelado, 4.500,0 mg; manganês, 4.000,0 mg; selênio, 15,0 mg; selênio quelado, 15,0 mg; iodo, 150,0 mg; cobalto, 30,0 mg; cromo, 80,0 mg; veículo, 1.000,0 g. ⁵ Binder. ⁶ Hidrolisado de sardinha. ⁷ Concentrado proteico de soja. %PB: 61,2; Lipídeos: 1,6%. ⁸ RovimixStay-C® 35%, DSM Produtos Nutricionais Brasil Ltda. (São Paulo, SP). Ácido L-ascórbico 2-monofosfatado. ⁹ %PB: 51,7; Lipídeos: 15,0%. ¹⁰ %PB: 19,0; % Lipídeos: 8,3; % cinzas: 3,5; Fibras: 24,9%; Energia Bruta: 4312,8 cal/g. ¹¹ Valores calculados com base no banco de dados do LANOA e ROSTAGNO *et al.* (2011). ¹² Calculado: ENN = 100 - (%PB + %EE + %FB + %MM + %umidade).

O perfil de aminoácidos essenciais formulado permaneceu relativamente constante entre as dietas experimentais (Tabela 4). A variação média para aminoácidos essenciais entre as dietas foi de 2,99%, sendo que a maior variação foi observada para os níveis de metionina + cistina (3,7%).

Tabela 4. Perfil de aminoácidos essenciais das dietas experimentais (g kg^{-1} de dieta, na base seca; calculado¹).

Aminoácidos % de inclusão de FA ²	Dietas (g kg^{-1} , na base seca)					CV ³ (%)
	0%	3%	6%	9%	12%	
Arginina	35,7	36,0	36,2	35,4	35,0	1,3
Fenilalanina	30,1	30,2	30,2	28,9	28,0	3,4
Fenilalanina + Tirosina	48,7	48,8	48,8	46,9	45,5	3,1
Histidina	15,1	15,1	15,1	14,5	14,1	3,1
Isoleucina	26,2	26,1	26,0	24,9	24,1	3,6
Leucina	45,9	45,8	45,7	43,8	42,4	3,5
Lisina	27,5	27,4	27,3	26,7	26,2	2,1
Metionina	10,9	10,9	10,9	10,5	10,2	3,0
Metionina + Cistina	22,9	22,9	22,9	21,8	21,1	3,7
Treonina	20,5	20,5	20,5	19,7	19,2	3,0
Triptofano	7,5	7,5	7,5	7,2	7,0	3,1
Valina	28,3	28,3	28,4	27,3	26,5	3,0

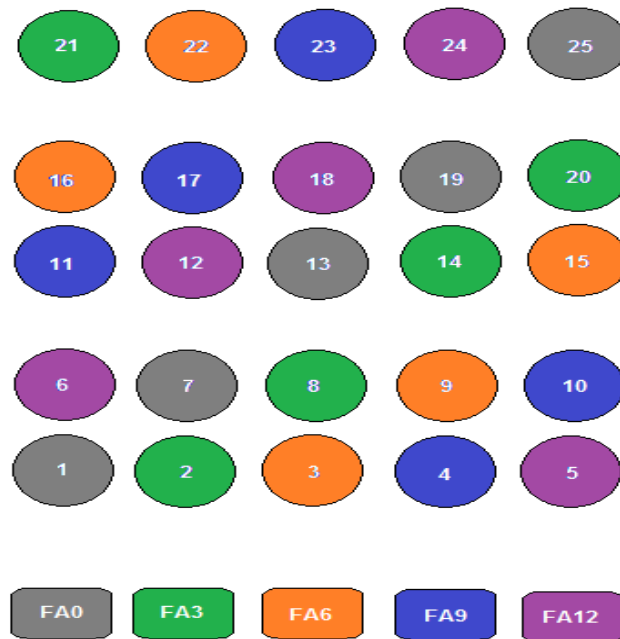
¹Calculo com base no banco de dados do LANOA e ROSTAGNO *et al.* (2011).

²Farelo de algodão.

³Coefficiente de variação (%) = (desvio padrão / media) x 100.

No presente trabalho, foram utilizados 25 tanques de 500 L dispostos em 5 baterias de tanques, cada uma contendo cinco tanques. Os tratamentos foram distribuídos de forma que cada bateria de tanques recebesse uma repetição de cada tratamento e que cada tratamento ocupasse uma posição diferente em cada bateria (Figura 1).

Figura 1 – Os números de 1 a 25 se referem à numeração dos tanques utilizados no sistema de cultivo *indoor* do LANOA/CEAC. FA0, FA3, FA6, FA9 e FA12, referem-se às dietas experimentais utilizados no estudo, representando as suas respectivas taxas de inclusão do farelo de algodão: 0%, 3%, 6%, 9% e 12% (0, 30, 60, 90 e 120 g/kg). As cores representam a respectiva dieta indicada pela legenda.



3.5 Fabricação das rações experimentais

Inicialmente, os ingredientes (farelo de soja, concentrado proteico de soja, farinha de peixe importada, farinha de peixe nacional, farinha de vísceras e farelo de algodão) passaram pelo processo de moagem em um moinho do tipo martelo (moinho industrial da marca Vieira, modelo 280 com potência de 5 cv, Tatuí, São Paulo). Cada ingrediente foi moído individualmente em malha de 600 μm , exceto a torta de algodão que passou primeiramente pela moagem na malha de 1000 μm e, em seguida, foi peneirada em uma peneira com malha de 800 μm . O aglutinante sintético (Binder), o sal, a vitamina C, o caulim, a farinha de trigo, o premix vitamínico-mineral, o atrativo (hidrolisado de sardinha) e o fosfato bicálcico não foram moídos, pois já apresentavam uma pequena granulometria.

Após a moagem, todos os ingredientes sólidos e líquidos (óleo de peixe e lecitina de soja) foram pesados em balança eletrônica de precisão (Ohaus Adventurer, Toledo do

Brasil, São Paulo, São Paulo) e misturados em uma batedeira planetária industrial (amassadeira rápida AR-25, G. Paniz, Caixas do Sul, Rio Grande do Sul) por 10 minutos. Os microingredientes foram inicialmente misturados com uma parcela da mistura dos macroingredientes em um misturador em “Y”, durante 10 min., para maior homogeneização. Esta mistura foi então incorporada aos demais ingredientes da dieta durante a mistura na batedeira planetária. Durante a mistura de todos os ingredientes, foram adicionados 30% de água doce em temperatura ambiente e misturado por mais 5 min. até a formação de uma massa compacta. Posteriormente, esta massa alimentar seguiu para compactação e formatação em uma extrusora laboratorial com cozimento a seco sob a temperatura de 90°C (Micro extrusora para laboratório com capacidade para 15 kg/h, Exteec Máquinas, Ribeirão Preto, São Paulo), equipada com uma matriz de 1,8 mm de diâmetro.

Após o processo de extrusão, os peletes de ração foram distribuídos em bandejas para secagem a 60°C, 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 secagem prosseguiu até que fosse alcançada uma umidade final dos *pellets* entre 10 e 12%. A umidade dos peletes foi determinada por meio de um analisador rápido de umidade com lâmpada halógena (MB35 Moisture Analyzer, Ohaus Corporation, New Jersey, EUA). Durante a secagem, os *pellets* foram misturados a cada 20 min. para se obter uma maior homogeneidade na secagem das rações. Ao atingirem a umidade desejada, as rações foram retiradas da estufa e embaladas em sacos plásticos, identificadas e congeladas sob temperatura de -20°C em câmara fria.

3.5.1 Obtenção e processamento do farelo de algodão

Inicialmente, foi adquirida no comércio local a torta de algodão, que é um subproduto industrial da retirada do óleo de algodão. Após o processo de prensagem das sementes de algodão para obtenção do óleo, a massa residual é chamada de “torta”. A torta de algodão utilizada neste trabalho não passou por nenhum tratamento posterior com o uso de solventes para a diminuição do teor lipídico da mesma, sendo considerada como uma “torta gorda”.

No laboratório, a torta de algodão passou pelo moinho com malha de 1.000 µm para, em seguida ser peneirada numa malha de 800 µm para a retirada de resíduos de lã. Esse beneficiamento foi realizado de maneira artesanal, o que causou um baixo rendimento do

produto. Uma saca de 50 kg de torta de algodão foi adquirida no comércio, dos quais 32,96 kg foram utilizados no beneficiamento. Após o processamento da torta, obtiveram-se os seguintes resultados: 13,18 kg de farelo de algodão; 18,71 kg de lã de algodão e 1,06 kg de resíduos gerais. Assim, o rendimento calculado do farelo de algodão foi de apenas 40% após o processamento da torta.

O farelo de algodão utilizado neste trabalho continha a seguinte composição proximal (na base seca): matéria seca – 92,18%; proteína bruta – 18,97%; extrato etéreo – 8,25%; cinzas – 3,6%; energia bruta – 4.312,84 cal/g; fibra em detergente ácido – 36,92% e fibra em detergente neutro – 61,37%. Essas determinações foram realizadas no LANA- Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará.

3.6 Lixiviação das dietas experimentais

A determinação da lixiviação das dietas experimentais foi feita para dois tempos distintos, 4 e 16 h. Isso foi feito para determinar a taxa de lixiviação das dietas nos tempos de exposição de 07:30 – 11:30 h e 15:30 – 07:30 h, respectivamente. Amostras de três gramas de todas as dietas foram pesadas em balança de precisão, cada dieta com cinco repetições, sendo colocadas em bandejas de alimentação. Posteriormente, essas bandejas foram introduzidas em dois tanques de 500 L, sendo que o primeiro tanque recebeu as bandejas de três tratamentos e segundo tanque recebeu as bandejas dos dois tratamentos restantes. Cada tanque continha água salgada e aeração constante, visando simular as condições experimentais do cultivo. Findo os períodos de submersão, as rações úmidas foram retiradas dos tanques e pesadas em copos de papel-alumínio, previamente tarados. Esses copos foram então levados para estufa, onde permaneciam por 72 h, à temperatura de 115°C. Por fim, os copos foram pesados para se determinar, por diferença, a massa seca de ração perdida para água (lixiviação). Essa mesma metodologia foi utilizada nos dois tempos de observação.

3.7 Análise estatística dos dados

Os camarões foram pesados individualmente no povoamento inicial e na despesca para determinação do peso corporal final (g), da taxa de crescimento semanal(g semana⁻¹), da produtividade (g de camarão m⁻²) e da sobrevivência (%). O fator de conversão alimentar (FCA) foi calculado com base no consumo de ração aparente (g de ração consumida ganho em peso animal⁻¹).

Os resultados de desempenho zootécnico e lixiviação foram analisados através de análise de variância simples de fator único, ANOVA, para o experimento inteiramente casualizado. O programa estatístico utilizado foi o Microsoft Office Excel para Windows 2010. Quando se detectou diferenças significativas entre as médias (P<0,05), essas foram comparadas duas a duas através do teste de Tukey, utilizando o programa estatístico BioEstat 5.0. O nível de significância de 5% foi estabelecido em todas as análises estatísticas.

4 RESULTADOS

4.1 Qualidade de água

As variáveis de qualidade da água de cultivo que foram monitoradas diariamente se mantiveram estáveis e ideais durante todo o experimento. Os valores médios para salinidade, temperatura, pH e oxigênio dissolvido da água de cultivo foram os seguintes: $36,7 \pm 0,8$ g/L-1 (n = 1.500); $26,9 \pm 0,3$ °C (n = 1.500); $7,7 \pm 0,1$ (n = 1.500) e $6,34 \pm 0,8$ mg/l (n = 1.500), respectivamente.

As amostras de água indicaram que alguns parâmetros ficaram fora do ideal para o cultivo (CO₂ e nitrito), porém tais resultados não interferiram no desempenho do estudo tendo em vista que o cultivo foi realizado em águas claras. O nitrito não afetou os camarões já que em águas com salinidade acima de 15 ppt, o nitrito não é capaz de causar toxicidade para nos animais cultivados (SÁ, 2012).

Tabela 5. Qualidade inicial da água de cultivo experimental

Parâmetros	Amostras ¹								Valores sugeridos
	TQ1	TQ2	TQ3	TQ4	TQ5	AF1	AF2	EF	
Fósforo reativo (µg/L)	24.94	24.92	24.76	25.17	25.18	25.38	24.75	25.65	5 a 200 ²
CO ₂ (mg/L)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.99	1 a 10 ²
NAT (mg/L)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	< 0,12 ³
Nitrito (mg/L)	0.52	0.51	0.52	0.51	0.51	0.52	0.52	0.51	< 0,1 ³
Matéria orgânica (mg/L)	9.2	9.5	9.6	9.7	9.5	10.4	10.6	10	40 a 80 ²

¹ TQ (1,2,3,4 e 5) - Amostras de água de cinco tanques, sendo um de cada bateria; AF (1 e 2) - Amostras de água dos afluentes, escolhidos aleatoriamente; EF - Amostra de água do efluente do sistema.

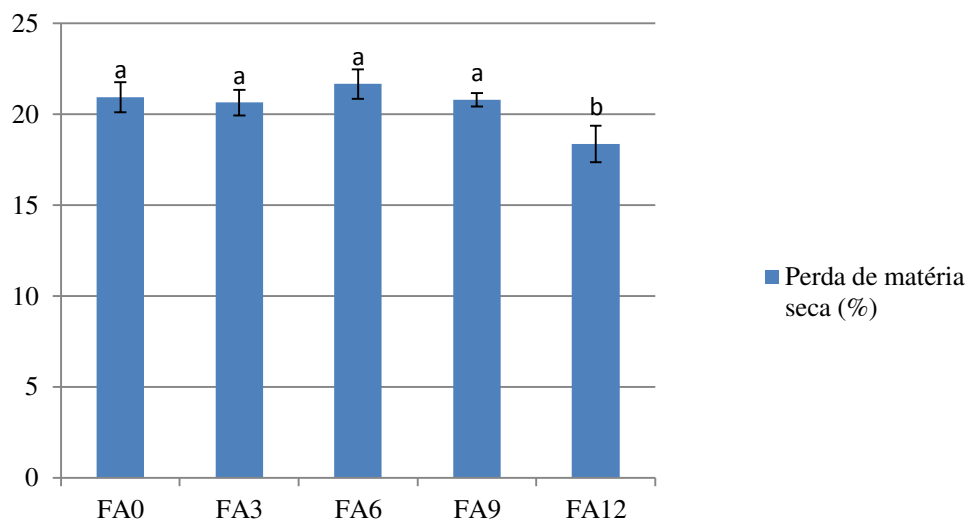
² Sá (2012).

³ ABCC (2012).

4.2 Lixiviação das dietas

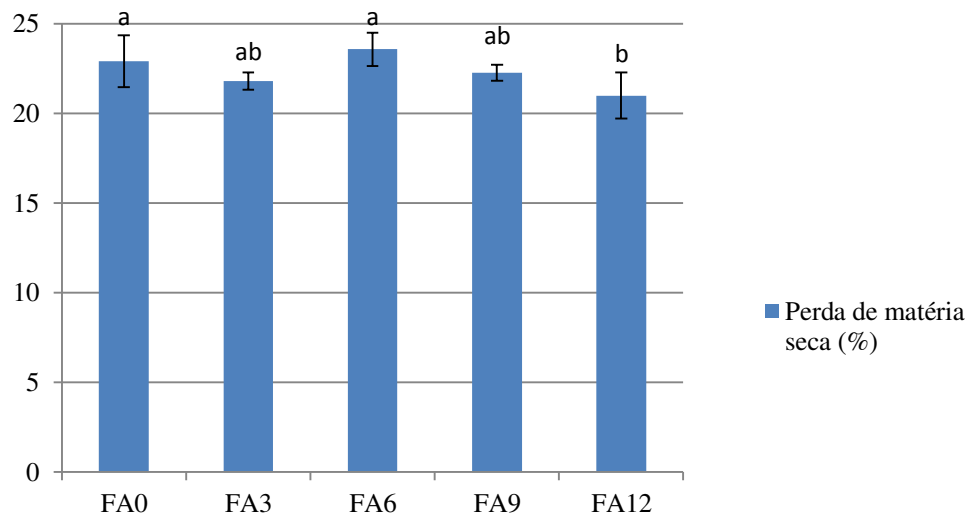
Os resultados obtidos no teste de lixiviação mostraram que a dieta com 120 g kg⁻¹ de farelo de algodão perdeu 18,4 ± 0,9% de sua massa para água, no período de 4 h. As demais dietas, com menores níveis de inclusão de farelo de algodão, apresentaram menor estabilidade na água (Figura 2).

Figura 2 - Lixiviação das dietas experimentais no período de 4 horas. FA0, FA3, FA6, FA9 e FA12, referem-se às dietas experimentais utilizadas no estudo, representando os seus respectivos níveis de inclusão do farelo de algodão 0, 30, 60, 90 e 120 g/kg. (a e b) referem-se às diferenças entre as médias, de acordo com o teste da ANOVA ($p > 0,05$).



Para o período de alimentação de 16 h, as dietas com 0 e 60 g kg⁻¹ de farelo de algodão apresentaram menor estabilidade na água, quando comparadas à dieta com 120 g kg⁻¹ de farelo de algodão ($p < 0,05$). As perdas de matéria seca das dietas com 30 e 90 g kg⁻¹ de farelo de algodão não diferiram significativamente das demais dietas, ficando em um nível intermediário de lixiviação (Figura 3).

Figura 3 - Lixiviação das dietas experimentais no período de 16 h. FA0, FA3, FA6, FA9 e FA12, referem-se às dietas experimentais utilizadas no estudo, representando os seus respectivos níveis de inclusão do farelo de algodão 0, 30, 60, 90 e 120 g/kg. (a e b) referem-se às diferenças entre as médias, de acordo com o teste da ANOVA ($p > 0,05$).



4.3 Desempenho zootécnico

Ao final dos 72 dias, a sobrevivência dos camarões foi elevada em todos os tratamentos, superando os 90%. Não houve diferença significativa entre os tratamentos para sobrevivência, de acordo com a ANOVA ($p > 0,05$; Tabela 6).

O peso corporal final dos camarões alimentados com a dieta contendo 60 g kg^{-1} foi um pouco maior em relação aos demais tratamentos ($17,67 \pm 0,71 \text{ g}$). Esse resultado, entretanto, não diferiu significativamente dos demais (Tabela 6).

Ao longo das 10 semanas de cultivo, os camarões apresentaram uma taxa de crescimento semanal equivalente, nos diferentes tratamentos, variando entre 1,54 e 1,62 g semana^{-1} , em média. Não houve diferença significativa para esses resultados ($p > 0,05$; Tabela 6).

Para produtividade dos tanques, também não foi observada diferença estatística entre os tratamentos, onde a menor produtividade foi observada para a dieta com 30 g kg^{-1} de farelo de algodão, com $950 \pm 82 \text{ g m}^{-2}$, e a maior produtividade de $1026 \pm 89 \text{ g m}^{-2}$, foi observada para a dieta com 60 g kg^{-1} de farelo de algodão (Tabela 6).

De igual modo, não houve diferença significativa entre os tratamentos para o consumo de ração aparente, o qual apresentou uma média geral de $33,79 \pm 1,01 \text{ g camarão}^{-1}$ (Tabela 6).

O fator de conversão alimentar não se alterou significativamente entre os tratamentos, apresentando um mínimo de $2,23 \pm 0,15$, para a dieta com 60 g kg^{-1} de FA, e um máximo de $2,29 \pm 0,17$, para a dieta com 90 g kg^{-1} de FA.

Tabela 6. Desempenho zootécnico do *Litopenaeus vannamei* estocados com peso corporal de $1,5 \pm 0,05$ g em tanques de águas claras (salinidade = $36,7 \pm 0,8$; pH = $7,7 \pm 0,1$ e temperatura = $26,9 \pm 0,3$), alimentados com dietas artificiais nas quais o farelo de soja e a farinha de trigo foram parcialmente substituídos pelo farelo de algodão.

Parâmetros	Nível de inclusão de farelo de algodão					média ¹ ± desvio	valor de P
	0 g kg ⁻¹	30 g kg ⁻¹	60 g kg ⁻¹	90 g kg ⁻¹	120 g kg ⁻¹		
Sobrevivência (%)	92,5 ± 3,95	92 ± 4,81	94,5 ± 4,11	93,5 ± 5,18	93 ± 7,58	93,1 ± 4,07	ns ²
Peso corporal final (g)	17,02 ± 0,43	16,91 ± 0,54	17,67 ± 0,71	16,85 ± 0,38	17,16 ± 0,41	17,12 ± 0,23	ns
Ganho em peso semanal (g)	1,56 ± 0,05	1,55 ± 0,05	1,62 ± 0,07	1,54 ± 0,04	1,57 ± 0,03	1,57 ± 0,04	ns
Produtividade (g m ⁻²)	960 ± 35	950 ± 83	1027 ± 90	963 ± 67	976 ± 100	975 ± 61	ns
Consumo aparente de ração (g camarão ⁻¹)	33,70 ± 1,12	32,83 ± 1,87	34,83 ± 0,81	33,69 ± 1,33	33,88 ± 1,04	33,79 ± 1,01	ns
FCA ³	2,27 ± 0,07	2,24 ± 0,10	2,23 ± 0,15	2,29 ± 0,17	2,26 ± 0,14	2,26 ± 0,10	ns

¹Quando não houve diferença significativa entre as médias, calculou-se a média geral (média das médias).

²ns, não há diferença significativa (P > 0,05).

³Fator de conversão alimentar.

5. DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste trabalho mostraram que é possível fazer a inclusão de níveis significativos de farelo de algodão em dietas artificiais para o *L. vannamei*, sem prejuízo do desempenho zootécnico. Como o farelo de algodão utilizado no presente trabalho não apresentava a qualidade desejada, já que sua concentração de proteína bruta foi inferior a 20%, os níveis de inclusão de farelo de algodão nas dietas foram relativamente baixos (máximo de 12%). A literatura, tanto nacional como internacional, relatam o uso de farelos de algodão com concentrações de proteína bruta acima de 20% ou mesmo 30% (SICCARDI *et al.*, 2012; NRC, 2011; ROSTAGNO *et al.*, 2011; VALADARES FILHO *et al.*, 2006; SOUZA e HAYASHI, 2003). O nível de inclusão do farelo de algodão na alimentação da maioria das espécies utilizadas na aquicultura pode variar de 1 a 25% (FAO, 2012).

Normalmente, níveis maiores de inclusão de farelo de algodão são utilizados em experimentos com ruminantes (MADRUGA *et al.*, 2008). Entretanto, as dietas contendo maiores níveis de farelo de algodão, comumente utilizadas em experimentação com monogástricos, recebem um processamento prévio para remoção do gossipol. O gossipol é um fator antinutricional que pode ser extraído do alimento com a utilização de solventes químicos ou pelo calor (VIANA, 1975). O gossipol (C₃₀H₃₀O₈) é um aldeído polifenólico, solúvel em lipídeos. É um pigmento de cor amarelada presente em glândulas presentes nas plantas de algodão (gênero *Gossipium*, família *Malvaceae*). O peso do gossipol equivale a cerca de 20,6 a 30% do peso total dessas glândulas (MOREIRA *et al.*, 2006). Uma redução dos níveis de gossipol confere ao farelo a possibilidade de ser incrementado em maiores quantidades na dieta, sem causar riscos de toxicidade (KLEEMANN *et al.*, 2011). Esses últimos autores utilizaram farelo de algodão isento de gossipol livre, o que viabilizou a utilização de níveis de inclusão de até 32%, em dietas para juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

No presente estudo, não houve diferença significativa entre os tratamentos para sobrevivência dos camarões, obtendo-se resultados acima de 90% em todos os tanques. A pequena taxa de mortalidade ocorrida, mesmo que insignificante, pode ser atribuída a falhas nas estruturas de cultivo que permitiram a fuga de alguns camarões. Uma possível mortalidade por intoxicação pelo gossipol não ficou demonstrada, já que os camarões que morrem por problemas na alimentação são geralmente encontrados nas bandejas de alimentação, o que não aconteceu no presente estudo.

Fernandez e Lawrence (1989) utilizaram quatro níveis de farelo de algodão, em dois níveis de proteína, em dietas para três espécies de camarões peneídeos. As sobrevivências variaram de 91 a 100% para o *Penaeus setiferus*, 84 a 95% para o *Penaeus stylirostris* e de 98 a 100% para o *Litopenaeus vannamei*. Esses autores observaram que a inclusão de até 10% de farelo de algodão na dieta com 20% de proteína não teve diferença negativa no crescimento. Esses resultados demonstram que a tolerância do camarão marinho ao farelo de algodão não depende somente do nível de inclusão do ingrediente na dieta, mas também da espécie de camarão cultivada. Das espécies cultivadas no trabalho de Fernandez e Lawrence (1989), o *L. vannamei* foi aquela que apresentou a maior taxa de sobrevivência. Esse resultado corrobora com os obtidos no presente estudo, comprovando que o *L. vannamei* é bem tolerante a níveis moderadamente elevados de farelo de algodão na dieta.

Em outro estudo, Chen *et al.* (1985) utilizaram três níveis de inclusão de farelo de algodão (0; 4,5 e 9%), em dietas para o *Penaeus setiferus* e para o *Litopenaeus vannamei*. Nesse trabalho, foram utilizados animais de diferentes classes de peso (pequeno, médio e grande). Os resultados obtidos demonstraram que os camarões maiores são mais tolerantes a níveis crescentes de farelo de algodão na dieta que os camarões pequenos. Chen *et al.* (1985) também observaram que a taxa de crescimento dos camarões diminuiu progressivamente com o incremento de farelo de algodão nas dietas. O ganho em peso corporal diário para o *P. setiferus* e *L. vannamei* variou, respectivamente de $0,013 \pm 0,009$ e $0,074 \pm 0,045$ g dia⁻¹, quando os animais foram alimentados com dieta controle (0% de farelo de algodão); chegando a $0,003 \pm 0,002$ e $0,033 \pm 0,031$ g dia⁻¹, quando os camarões foram alimentados com dieta com 9% de farelo de algodão. No presente estudo, a taxa de crescimento semanal não foi afetada pelo incremento no nível de farelo de algodão nas dietas experimentais.

No presente estudo, o fator de conversão alimentar (FCA) não foi significativamente influenciado pelo incremento do farelo de algodão nas dietas. Em média, o FCA geral foi relativamente alto ($2,26 \pm 0,02$). Siccardi *et al.* (2012) também não encontrou diferença significativa entre os tratamentos e ainda obteve melhor resultado para o FCA (1,29), quando substituiu em até 67% a farinha de peixe por farelo desengordurado de algodão. Os mesmos autores relataram que, em outra fase da pesquisa, uma dieta-controle com 35% de proteína bruta e 50% da farinha de peixe foi substituída por três diferentes qualidades de farelo de algodão desengordurado, em dietas para o *L. vannamei*. Os farelos de algodão utilizados continham de 51,9 a 61,2% de proteína bruta, dependendo da técnica de

processamento que recebiam na fabricação. Ao final desse estudo, não foi observado diferenças entre os tratamentos, obtendo-se um FCA médio de 1,23.

Os maiores valores de FCA obtidos no presente estudo podem ser explicados pelo fato de se ter priorizado a saciedade alimentar dos animais, e não questões econômicas. O protocolo de alimentação adotado não previa a diminuição na taxa de arraçoamento diária, mesmo havendo sobras nas bandejas de alimentação. Havia previsão, apenas, de aumentos de 5% (até o 18º dia) e 10% (do 19º dia ao final do cultivo) na taxa de arraçoamento, caso as bandejas não apresentassem sobras. Além disso, a alimentação sofria interferência dos processos de muda dos animais, quando os camarões passam um período de restrição alimentar espontânea. Certamente, o protocolo de alimentar adotado no presente trabalho não seria seguido em cultivos comerciais, já que se busca, nesse contexto, diminuir os custos operacionais com a alimentação dos animais.

Apesar do farelo de algodão ser um ingrediente vegetal e aparentemente não apresentar uma palatabilidade elevada para crustáceos marinhos como o *L. vannamei*, o consumo alimentar aparente (g camarão^{-1}) das diferentes dietas experimentais do presente trabalho foi semelhante entre si, em todos os tratamentos. Esse resultado pode ser explicado pelas participações das farinhas de peixe (nacional e importada) nas fórmulas, que se mantiveram constantes nos diferentes tratamentos (120 g kg^{-1} para farinha de salmão e 24 g kg^{-1} para farinha de peixe nacional). Além disso, foi incluído em 10 g kg^{-1} , em todas as dietas, o hidrolisado de sardinha que apresenta um bom poder atrativo para camarões marinhos. O hidrolisado de sardinha pode ter interferido positivamente nos resultados zootécnicos obtidos, tendo em vista que apresenta um elevado teor de proteína, de alta digestibilidade. Seria importante a realização de novo estudo no qual o hidrolisado de sardinha fosse removido das fórmulas a base de farelo de algodão para avaliar o impacto de tal ingrediente no consumo alimentar e, conseqüentemente, nos resultados de crescimento dos camarões.

Sooking e Davis (2011) afirmaram que em dietas para camarões marinhos, à base de ingredientes proteicos de origem vegetal, não causa prejuízo ao crescimento dos animais se houver, pelo menos, 50 g kg^{-1} de óleo de peixe na ração. Segundo esses autores, aquele nível de inclusão de óleo de peixe na dieta já garante o suprimento de ácidos graxos essenciais exigidos pelos camarões. No presente trabalho, o nível de inclusão de óleo de peixe esteve abaixo de 50 g kg^{-1} , variando entre 20,0 e $12,6 \text{ g kg}^{-1}$. Houve menor entrada de óleo de peixe nas dietas com mais farelo de algodão, uma vez que esse ingrediente continha $82,5 \text{ g kg}^{-1}$ de extrato etéreo, com o objetivo de manter as dietas isolipídicas. Entretanto, como os níveis de

inclusão de farinha de peixe nacional e importada (salmão) permaneceram inalterados nas fórmulas (24 e 120 g kg⁻¹, respectivamente), esses últimos ingredientes podem ter atuado como fontes secundárias de ácidos graxos essenciais, já que possuíam em suas composições, respectivamente 15 e 10%, de lipídeos. Desse modo, não houve, provavelmente, retardo no crescimento dos camarões alimentados com as dietas contendo menos óleo de peixe, por deficiência de ácidos graxos essenciais.

A farinha de resíduo do processamento de salmão cultivado é rica em energia, vitaminas e minerais, apresentando bom perfil de aminoácidos essenciais (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2011). O nível de inclusão de farinha de peixe importada presente nas dietas do presente trabalho (120 g kg⁻¹) permitiu a não suplementação das dietas com lisina e metionina sintéticas. Em dietas contendo farelo de algodão, a suplementação de lisina é indicada devido à capacidade que o gossipol livre tem de ligar-se a esse aminoácido, indisponibilizando-o para absorção. Além da lisina, recomenda-se a adição de 0,5 g kg⁻¹ de ferro (0,25% de sulfato ferroso), em dietas que contem farelo de algodão. Essa medida pode evitar a intoxicação de peixes e crustáceos cultivados (HERTRAMPF & PASCUAL, 2000).

No presente estudo, não se detectou diferenças significativas entre os resultados de produtividade (g m⁻²). Nos diferentes tratamentos, a produtividade média foi igual a 975 ± 29 g m⁻². Esse resultado é superior ao encontrado por Sá *et al.* (2013), que trabalharam em condições similares às do presente trabalho. Esses autores obtiveram produtividades variando entre 507 e 617 g m⁻² em uma primeira fase experimental, na qual a densidade de estocagem dos tanques foi a mesma do presente trabalho (70 camarões m⁻²). Portanto, a taxa de crescimento dos camarões nos tanques experimentais do presente trabalho pode ser considerada muito boa, acima de 1,54 g por semana.

A lixiviação de matéria seca das dietas experimentais do presente trabalho variou de 18,3 a 21,6%, para o período de 4 h de imersão em água salgada, e de 21 a 23,6%, para o período de 16 h de imersão. Tanto para o período de quatro horas de imersão, como para o período de 16 h, a dieta que continha 120 g kg⁻¹ de farelo de algodão apresentou a menor lixiviação. Isso aconteceu mesmo tendo se reduzido o nível de inclusão da farinha de trigo de 300 g kg⁻¹ para 250 g kg⁻¹. A farinha de trigo é considerada um bom aglutinante natural em dietas para camarões (HERTRAMPF, 2007). Esses resultados sugerem que o farelo de algodão pode apresentar boa capacidade aglutinante. Essa suposição merece a realização de novos testes para confirmação ou não de tal possibilidade.

6 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente trabalho permitem concluir o que segue abaixo:

1. Mantendo-se um nível de inclusão mínimo de 120 g kg⁻¹ de farinha de resíduos do processamento de salmão cultivado, é possível se reduzir os níveis de inclusão da farinha de trigo e do farelo de soja, em dietas completas para juvenis de *L. vannamei*, de 300 g kg⁻¹ para 250 g kg⁻¹ e 267 g kg⁻¹, respectivamente, substituídos parcialmente pelo farelo de algodão sem prejuízo zootécnico animal;
2. As reduções nos níveis de inclusão de farinha de trigo (-17%) e de farelo de soja (-11%), em relação à dieta de referência, e sua substituição por um ingrediente alternativo regional (farelo de algodão), poderão baixar os custos de produção de rações para o cultivo intensivo do camarão marinho, *L. vannamei*, no Nordeste do Brasil, uma vez que o preço do farelo de algodão é bem menor que o praticado para os outros dois ingredientes;
3. Resultados ainda mais promissores aos obtidos no presente trabalho poderão ser alcançados caso um farelo de algodão de melhor qualidade seja utilizado no fabrico das dietas, tendo em vista que o insumo empregado neste estudo continha uma concentração de proteína muito baixa, menor de 200 g kg⁻¹.

REFERÊNCIAS

ABCC – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DE CAMARÃO.

Procedimentos e boas práticas de manejo e medidas de biossegurança para a carcinicultura brasileira. 2012.

APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard methods for the examination of water and waste water. 20th ed. Washington: APHA, 1999.

BAUTISTA-TERUEL, N. M.; EUSEBIO, P. S.; WELSH, T. P. Utilization of feed pea, *Pisumsativum*, meal as a protein source in practical diets for juvenile tiger shrimp, *Penaeus monodon*. **Aquaculture**, v. 225, p. 121–131, 2003.

CHEN, H. Y.; ZEIN-ELDIN, Z. P.; ALDRICH, D.V. Combined effect of shrimp size and dietary protein source on growth of *Penaeus setiferus* and *P. vannamei*. **Journal of the World Mariculture Society**, v. 16, p. 288-296, 1985.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2010/2011, quarto levantamento, 2011.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2011/2012, oitavo levantamento, 2012. Disponível em <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_05_10_08_49_52_boletim_maio_2012.pdf>. Acessado dia 08/10/2013.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Mercado de trigo, 2013. Disponível em: <www.agricultura.gov.br/arq_editor/.../App_Mercado_Inverno.pdf> acessado dia 26/12/2013.

CRUZ-SUAREZ, L. E.; RICQUE-MARIE, D.; TAPIA-SALAZAR, M.; MCCALLUM, I. M.; HICKLING, D. Assessment of differently processed feed pea (*Pisumsativum*) meals and canola meal (*Brassica* sp.) in diets for blue shrimp (*Litopenaeus stylirostris*). **Aquaculture**, v. 196, p. 87–104, 2001.

EL-SAIDY, D. M. S. D.; SAAD, A. S. Effects of partial and complete replacement of soybean meal with cottonseed meal on growth, feed utilization and haematological indexes for mono-sex male Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) fingerlings. **Aquaculture Research**, v. 42, p. 351-359, 2011.

EMBRAPA SOJA. Sistemas de produção. Versão eletrônica, jan.2003. Disponível em <http://www.cnpa.embrapa.br/> Acessado dia 09 de setembro de 2013.

FAO, FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 2012. **The state of the World Fisheries and Aquaculture 2012**. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 209 p, 2012.

FERNANDEZ, R. R.; LAWRENCE, A. L. Nutritional responses of three species of post larval penaeid shrimp to cottonseed meal. ASEAN/UNDP/FAO Regional Small - scale Coastal Fisheries Dev. Project. RAS84/016. Manila/ Philippines, 1989.

GADELHA, R. G. F., PRADO, J. P. S., CAVALEIRO, J. M. O. Farinha do bagaço de cevada em dietas para a engorda de camarões marinhos. **Ciência Rural, Santa Maria online**, 2009.

GATLIN III, D.M., BARROWS, F.T., BROWN, P., DABROWSKI, K., GAYLORD, T.G., HARDY, R.W., HERMAN, E., HU, G., KROGDAHL, A., NELSON, R., OVERTURF, K., RUST, M., SEALEY, W., SKONBERG, D., SOUZA, E.J., STONE, D., WILSON, R., WURTELE, E. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. **Aquaculture Research**, v. 38, p. 551- 579, 2007.

HARTER, T.; BUHKE, F.; KUMAR, V.; FOCKEN, U.; MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. Substitution of fish meal by *Jatropha Curcas* Kernel meal: effects on growth performance and body composition of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Aquaculture Nutrition**. v. 17, p. 542-548, 2011.

HERTRAMPF, J.W., PASCUAL, F.P. **Handbook on Ingredients for Aquaculture Feeds**. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Netherlands. 573 p. 2000.

HERTRAMPF, J.W. Internal physical properties of shrimp feed. **Aquaculture Asia Pacific**. v. 3, p. 20–21, 2007.

KLEEMANN, G. K.; DAL PAI, M.; PEZZATO, L. E.; TEIXEIRA, C. P.; PADOVANI, C. R.; BARROS, M. M. Farelo de algodão como sucedâneo do farelo de soja em rações para tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.12, n.3, p.805-818, 2011.

ISLAM, M.S., WAHAB, M.A., TANAKA, M. Seed supply for coastal brackishwater shrimp farming: environmental impacts and sustainability. **Marine Pollution Bulletin** 48, 7–11, 2004.

LI, M. H.; ROBINSON, E. H. Use of cottonseed meal in aquatic animal diets: a review. **North American Journal of Aquaculture**, Bethesda (MD), v. 68, p. 14-22, 2006.

LIM, C. Substitution of cottonseed meal for marine animal protein in diets for *Penaeus vannamei*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 27, p. 402-409, 1996.

MADRUGA, M.S.; VIEIRA, T.R.L.; CUNHA, M.G.G. Efeito de dietas com níveis crescentes de caroço de algodão integral sobre a composição química e o perfil de ácidos graxos da carne de cordeiros Santa Inês. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 8, p. 1496-1502, 2008.

MPA. **Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura: Brasil 2008-2009**. Ministério da Pesca e Aquicultura, Brasília, 99 p., 2010.

MOLINA-POVEDA, C.; LUCAS, M.; JOVER, M. Evaluation of the potential of Andean lupin meal (*Lupinus mutabilis* Sweet) as an alternative to fish meal in juvenile *Litopenaeus vannamei* diets. **Aquaculture**, v. 410-411, p. 148-156, 2013.

MONENTCHAM, S. E.; KOUAM, J.; CHUBA, D.; WATHELET, B.; POUOMOGNE, V.; KESTEMONT, P. Partial substitution of fish meal with soybean and cottonseed meals in diets

for African bonytongue, *Heterotis niloticus* (Cuvier, 1829) fingerlings: effects on growth, feed efficiency and body composition. **Aquaculture Research**, v.41, p. 385-392, 2010.

MOREIRA, I.; MARIA SARTORI, I. M.; PAIANO, D.; MARTINS, R.M.; OLIVEIRA, G. C. Utilização do farelo de algodão, com ou sem a adição de ferro, na alimentação de leitões na fase inicial (15-30 kg). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.1077-1084, 2006.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Fish and Shrimp**. Washington, D.C.: The National Academies Press.376 p., 2011.

OUIJIFARD, A.; SEVFABADI, J.; KENARI A. A.; REZAEI, M. Growth and apparent digestibility of nutrients, fatty acids and amino acids in Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, fed diets with rice protein concentrate as total and partial replacement of fish meal. **Aquaculture**. v. 342, p. 56-61, 2012.

RICHARD, L., SURGET, A., RIGOLET, V., KAUSHIK, S. J., GEURDEN, I. Availability of essential amino acids, nutrient utilisation and growth in juvenile black tiger shrimp, *Penaeus monodon*, following fishmeal replacement by plant protein. **Aquaculture**, v. 223, p. 109-116, 2011.

ROCHA, I.P., BORBA, M.G., MOURA, M. J. N. O censo da carcinicultura em 2011. **Revista da Associação Brasileira dos Criadores de Camarão – ABCC** 1, 24–28, 2013.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO L. F. T.; GOMES P. C.; OLIVEIRA R. F.; LOPES D. C.; FERREIRA A. S.; BARRETO S. L. T.; EUCLIDES R. F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3ª ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Zootecnia. 252 p., 2011.

SÁ, Marcelo V. C. **Limnocultura: limnologia para aquicultura**. Fortaleza: Edições UFC, 218 p., 2012.

SHIAU, S. Y. Nutrient requirements of penaeid shrimps. **Aquaculture**, v. 164, p. 77–93, 1998.

SICCARDI, A. J.; RICHARDSON, C. M.; SAMOCHA, T. M.; DOWD, M. K.; WEDEGAERTNER, T. C. Glandeless cottonseed meal replaces fishmeal in shrimp diet research. **Global Aquaculture Advocate**. Mar/Abr, 2012.

SOOKING, D.; DAVIS, D. A. Pond production of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) fed high levels of soybean meal in various combinations. **Aquaculture**, v. 319, p. 141-149, 2011.

SOUZA, S. R.; HAYASHI, C. Avaliação do farelo de algodão na alimentação de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.). **Zootecnia Tropical**, v. 21(4), p. 383-398, 2003.

SOUZA, S. R.; HAYASHI, C.; SOARES, T.; ANDRADE, L. S. Avaliação do efeito de diferentes níveis de farelo de algodão sobre o desempenho e a composição corporal de alevinos de piavuçu (*Leporinus macrocephalus*). **B. Inst. Pesca**, São Paulo, v. 30(2), p. 127-134, 2004.

SUSSEL, F. R.; SALLES, F. A.; GONÇALVES, G. S.; FACHINI, C.; AGOSTINHO, C. A. Avaliação econômica da substituição do farelo de soja por farelo de algodão em dietas práticas para tilápias do nilo cultivadas em tanques-rede. **Informações Econômicas**, SP, v.39, n.10, 2009.

VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R.; MAGALHÃES, K.A. **Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos BR-corte**. 1a.ed., Editora Suprema, Viçosa: UFV, DZO, 142p., 2006.

VIANNA, A.T. Os suínos: criação prática e econômica. 5.ed. São Paulo: Nobel, 1975.