



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR
CURSO DE OCEANOGRAFIA**

ANDREZZA CARVALHO CHAGAS

**USO DA MACROALGA VERMELHA *PTEROCLADIELLA BEACHIAE* NA
REDUÇÃO DE NUTRIENTES DO EFLUENTE DA CARCINICULTURA**

FORTALEZA

2018

ANDREZZA CARVALHO CHAGAS

USO DA MACROALGA VERMELHA *Pterocladia beachiae* NA REDUÇÃO DE
NUTRIENTES DO EFLUENTE DA CARCINICULTURA

Monografia apresentada ao Curso de Oceanografia do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Oceanografia.

Orientador: Prof. Dr. Alberto Jorge Pinto Nunes.

Coorientador: Prof. Dr. Pedro Bastos de Macedo Carneiro.

FORTALEZA

2018

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)

C424u Chagas, Andrezza.

Uso da macroalga vermelha *Pterocladia beachiae* na redução de nutrientes do efluente da
carcinicultura / Andrezza Chagas. – 2018.
55 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do
Mar, Curso de Oceanografia, Fortaleza, 2018.

Orientação: Prof. Dr. Alberto Jorge Pinto Nunes.

Coorientação: Prof. Dr. Pedro Bastos de Macedo Carneiro.

1. Macroalgas. 2. Biofiltração. 3. Carcinicultura. I. Título.

CDD 551.46

ANDREZZA CARVALHO CHAGAS

USO DA MACROALGA VERMELHA *Pterocladia beachiae* NA REDUÇÃO DE
NUTRIENTES DO EFLUENTE DA CARCINICULTURA

Monografia apresentada ao Curso de Oceanografia do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Oceanografia.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

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

Dr. Pedro Bastos de Macedo Carneiro
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Sandra Tédde Santaella
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, Maurício Macário e
Fernanda Carvalho.

AGRADECIMENTOS

A gratidão é essencial para se saber valorizar as coisas. Portanto sou grata a Deus que me deu forças e me acompanhou em todos os momentos. Aos meus pais e ao meu irmão, que nunca se opuseram na minha escolha de curso, sempre me apoiaram e me ajudavam mesmo que de longe, principalmente a minha sobrinha Isabella que mesmo sem entender as minhas partidas nunca deixou de me amar menos. Minhas primas, principalmente a Nayra que me acolhia sempre que eu precisava e conversava comigo, e Camila que estava sempre junto.

Quero agradecer ao Dr. Pedro Bastos que me acolheu desde o primeiro semestre no laboratório, acreditou no meu potencial, fez crescer minha paixão pelas algas mas sempre me incentivou a buscar outras áreas, e que mesmo de longe me ajudou e apoiou todo meu experimento, sempre sendo um pai pra mim. Agradecer ao meu orientador Prof. Dr. Alberto Nunes, que aceitou me orientar, me ajudando muito na elaboração do meu TCC e despertando novas ideias para pesquisa.

Aos laboratórios que me auxiliaram durante toda a graduação. Ao Laboratório de Dinâmica populacional e Dinâmica de Peixes Marinhos que disponibilizaram o espaço e sempre se preocupavam com o andamento do meu experimento. Ao Laboratório de Efluentes e Qualidade de Água – EQUAL, que disponibilizou os reagentes e equipamentos, principalmente a Ana Beatriz que me ajudou em todas as análises, estava comigo em todos os momentos, sendo eles bons ou ruins, e que me trazia muita alegria nas conversas, assim como a Juliana que sempre me ajudou.

Aos meus amigos da faculdade, Mariana e Gabriel obrigada pelo apoio e risadas, Camila, Victor, Nathaniel, Johnantan, Marina, Derley, Lorena, Sarah, Lucas e toda a turma 2015.1, não citei todos os nomes mas amo todos vocês. E aos meus amigos de Camocim, Lilyan, Vandson, Ana Carolaine, Jamile e John Lucas, que me apoiaram e viveram vários momentos comigo, mesmo que de longe.

Obrigada a todos que me apoiaram de qualquer forma.

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.” (José de Alencar).

RESUMO

A produção de camarão marinho em cativeiro tem apresentado um rápido crescimento, destacando-se o cultivo da espécie *Litopenaeus vannamei*. Porém, a atividade pode gerar conflitos associados ao lançamento de água rica em nitrogênio, fósforo e sólidos em suspensão, em corpos d'água receptores. O presente estudo teve como objetivo avaliar o potencial da macroalga vermelha *Pterocladia beachiae* na remoção de nutrientes (NH_3^+ , NO_2^- , NO_3^- , e PO_4^{3-}) do efluente da carcinicultura. Foram realizados três experimentos. No experimento 01 o efluente foi coletado em um berçário de camarões, após 15 dias de povoamento. Para o experimento 02 o efluente foi coletado no mesmo berçário, após 60 dias de cultivo intensivo. No experimento 03, foi coletada água do mar na Praia do Meireles (Fortaleza, Ceará), presentes em poças de maré nos recifes de arenitos. Estas foram transportadas ao laboratório, sendo lavadas em água corrente e removido as epífitas. O sistema experimental 01 e 02 consistiu de 16 recipientes de vidro com volume individual de 800 mL, preenchidos com o efluente e algas com peso médio (\pm desvio padrão) de $0,44 \pm 0,13$ g e $0,74 \pm 0,04$ g para os experimento 01 e 02, respectivamente. O experimento 03 utilizou 12 recipientes com água do mar e algas com peso médio de $0,72 \pm 0,03$ g. Os recipientes foram equipados com aeração constante utilizando pedra porosa, sob fotoperíodo artificial de 12 h. A cada semana foram retirados três recipientes com alga e um controle, de cada experimento, para pesagem, com posterior descarte, totalizando quatro semanas de cultivo. Os resultados mostraram um decréscimo de peso da ordem de 79, 42 e 20% nos experimentos 01, 02 e 03, respectivamente, até a quarta semana. Tanto as algas como o controle apresentaram uma eficiente remoção para os compostos nitrogenados, chegando a 94,6% de remoção, e para os valores do ortofosfato, as algas apresentaram melhor remoção comparado ao controle. Apenas no experimento 02, onde as bactérias presentes já se encontravam-se estáveis e o processo de nitrificação ocorria de forma rápida, ocorreu a produção de nitrato maior do que a alga poderia assimilar, ocorrendo sua acumulação. Em conclusão, *P. beachiae* conseguiu sobreviver em ambientes com alta turbidez e excesso de nutrientes, porém ajustes nos sistemas experimentais e melhor triagem das algas podem contribuir para melhores resultados.

Palavras-chave: Macroalgas. Biofiltração. Carcinicultura.

ABSTRACT

Marine shrimp aquaculture has shown a rapid growth, standing out the cultivation of the species *Litopenaeus vannamei*. However, this activity can generate conflicts associated with the release of water rich in nitrogen, phosphorus and suspended solids, in receiving water bodies. The objective of this study was to evaluate the potential of the red macroalgae *Pterocladia beachiae* in the removal of nutrients (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , and PO_4^{3-}) from the shrimp effluent. Three experiments were carried out. In experiment 01, the effluent was collected in a nursery tank, 15 days after shrimp stocking. For experiment 02, the effluent was collected in the same nursery, after 60 days of intensive culture. For the experiment 03, seawater was collected at Meireles Beach (city of Fortaleza, State of Ceará), present in tidal pools in the sandstone reefs. These were transported to the laboratory, washed in running water and removed from the epiphytes. The experimental system 01 and 02 consisted of 16 glass vessels with individual volume of 800 mL, filled with effluent and algae with mean weight (\pm standard deviation) of 0.44 ± 0.13 and 0.74 ± 0.04 g for experiments 01 and 02, respectively. Experiment 03 used 12 containers with seawater and algae with a mean weight of 0.72 ± 0.03 g. The containers were equipped with constant aeration using airstones, under artificial photoperiod of 12 h. Each week three containers of algae and one control of each experiment were removed for weighing and later discarded, totaling four weeks of cultivation. Results showed a decrease in algae weight of 79, 42 and 20% in experiments 01, 02 and 03, respectively, up to the fourth week. Both the algae and the control presented an efficient removal for the nitrogen compounds, reaching 94.6% of removal, and for the orthophosphate values, the algae presented better removal compared to the control. Only in experiment 02, where the bacteria present were already stable and the nitrification process occurred rapidly, the production of nitrate was greater than the alga could assimilate, resulting in accumulation. However, nitrate concentrations in the algae treatment system were always lower than the control. In conclusion, *P. beachiae* managed to survive in environments with high turbidity and excess nutrients, but adjustments in experimental systems and better sorting of algae may contribute to better results.

Keywords: Macroalgae. Biofiltration. Shrimp farming.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Maiores produtores da Aquicultura	16
Figura 2	– Espécies mais cultivadas e produção por região	17
Figura 3	– Evolução da aquicultura continental e marinha no período de 2009 e 2011	18
Figura 4	– Maiores produtores de crustáceos marinhos na aquicultura	19
Figura 5	– Produção proveniente da aquicultura mundial de plantas aquáticas	28
Figura 6	– Moluscos associados a alga vermelha <i>P. beachiae</i> na praia do Meireles, Fortaleza-CE	30
Figura 7	– Presença de tufo de alga no local de coleta	31
Figura 8	– Espécime da macroalga <i>P. beachiae</i> Freshwater	31
Figura 9	– Foto do local de coleta	32
Figura 10	– Disposição da alga <i>P. beachiae</i> na poça de maré da praia do Meireles, Fortaleza-CE	32
Figura 11	– Tanque de cultivo do sistema de berçário do <i>L. vannamei</i>	33
Figura 12	– Desenho experimental – experimentos 1 e 2	34
Figura 13	– Sistema do experimento 1 no período noturno	36
Figura 14	– Cultivo de macroalgas em água do mar	36
Figura 15	– Efluentes dos experimentos 1 (esquerda) e 2 (direita) na terceira semana de cultivo.....	38

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1 – Comparação dos valores de biomassa inicial e final (em gramas, média \pm erro padrão) das algas nos intervalos de cultivo do experimento 1 (a), 2 (b) e 3 (c). Letras diferentes nas colunas indicam diferença estatisticamente significativa entre a biomassa inicial e final de cada respectivo intervalo segundo o teste a posteriori de Tukey HSD ao nível de significância de 0,05 40
- Gráfico 2 – Concentração de nitrogênio amoniacal inicial e nas quatro semanas de cultivo, nos sistemas de tratamento com algas e controle, no decorrer do experimento 1(a) e experimento 2 (b). Letras minúsculas e maiúsculas diferentes nas colunas indicam diferença estatisticamente significativa no nitrogênio amoniacal do efluente em relação ao tratamento com algas e o controle, respectivamente. Assim como o asterisco(*) indica diferença significativa entre tratamento com algas e controle, segundo o teste a posteriori de Tukey HSD ao nível de significância de 0,0543
- Gráfico 3 – Concentração de nitrito inicial e nas quatro semanas de cultivo, nos sistemas de tratamento com algas e no controle, durante o experimento 1(a) e experimento 2 (b). Letras minúsculas e maiúsculas diferentes nas colunas indicam diferença estatisticamente significativa no nitrito do efluente em relação ao tratamento com algas e o controle, respectivamente, segundo o teste a posteriori de Tukey HSD ao nível de significância de 0,05 45
- Gráfico 4 – Concentração de nitrato inicial e nas quatro semanas de cultivo, nos sistemas de tratamento com algas e no controle, durante o experimento 01(a) e experimento 2(b). Letras minúsculas e maiúsculas diferentes nas colunas indicam diferença estatisticamente significativa no nitrato do efluente em relação ao tratamento com algas e o controle, respectivamente, segundo o teste a posteriori de Tukey HSD ao nível de significância de 0,05. O asterisco indica diferença estatisticamente significativa na concentração de nitrato entre o sistema com e sem algas dentro de cada semana de cultivo

..... 48

Gráfico 5 - Concentração de ortofosfato inicial e nas quatro semanas de cultivo, no tratamento com algas e no controle, durante o experimento 1(a) e experimento 2(b). Letras minúsculas e maiúsculas diferentes nas colunas indicam diferença estatisticamente significativa no ortofosfato do efluente em relação ao tratamento com algas e o controle, respectivamente, segundo o teste *a posteriori* de Tukey HSD ao nível de significância de 0,05. O asterisco indica diferença estatisticamente significativa na concentração de ortofosfato entre o sistema com e sem algas dentro de cada semana de cultivo
..... 50

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Protocolo de preservação de amostras, adaptado de Eaton *et al.* (2012) ...
35
- Tabela 2 – Métodos de análise das amostras
35
- Tabela 3 – Parâmetros de qualidade da água dos efluentes obtidos de um berçário de camarão marinho após 15 dias (experimento 1) e após 60 dias (experimento 2) de cultivo de camarão.
..... 37
- Tabela 4 – Parâmetros físico-químicos da qualidade de água (média ± desvio padrão) dos três experimentos realizados para avaliar o desempenho da alga *P. beachiae*. Letras similares na mesma linha indicam diferença não significativa segundo o teste a posteriori de Tukey HSD ($P < 0,05$)
38

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PL	Pós- larvas
TCR	Taxa de Crescimento Relativa

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	<i>Aquicultura mundial</i>	16
1.2	<i>Carcinicultura</i>	18
1.3	<i>Impactos ambientais da aquicultura e mitigação</i>	20
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	23
2.1	<i>Cultivo intensivo em berçários de camarão marinho com sistema de Bioflocos</i>	23
2.2	<i>Compostos nitrogenados, fosfatados e seus processos</i>	24
2.3	<i>Utilização de macroalgas marinhas como biofiltro</i>	26
3	OBJETIVOS	29
4	MATERIAIS E MÉTODOS	30
4.1	<i>Descrição da espécie</i>	30
4.2	<i>Local e procedimento de coleta</i>	31
4.2.1	<i>Coleta de macroalgas</i>	31
4.2.2	<i>Coleta do efluente</i>	32
4.3	<i>Experimentos em laboratório</i>	33
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
5.1	<i>Parâmetros físico-químicos dos experimentos 1, 2 e 3</i>	37
5.2	<i>Biomassa</i>	39
5.3	<i>Nutrientes</i>	42
6	CONCLUSÃO	51
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

1. INTRODUÇÃO

1.1 Aquicultura mundial

O aumento da população mundial gera problemas relacionados à demanda por alimento, portanto a pesca e aquicultura contribuem para sanar essas necessidades com fontes de proteína aquática de origem animal e vegetal (RAPOSO,2013).

A pesca possui grande importância para a obtenção de alimento, porém a falta de conhecimento sobre os estoques pesqueiros e o manejo inadequado ocasionaram a sobreexploração de 2/3 dos estoques pesqueiros que apresentam valor comercial. Como resultado dos dados de 2006, estabeleceu-se uma situação de crise na atividade pesqueira (ISAAC, 2006).

Portanto a aquicultura surgiu como a exploração de recursos aquáticos de uma propriedade pública, sem que ocorra a depleção dos estoques pesqueiros naturais. A aquicultura é uma atividade de cultivo de organismos aquáticos, como peixes, crustáceos, moluscos, plantas aquáticas, entre outros, podendo ser realizada em águas continentais e marinhas (DE OLIVEIRA, 2015). Entre os 13 maiores produtores mundias de produtos aquícolas (com exceção das plantas aquáticas), nove são países do continente Asiático (Figura 1.) (FAO, 2018).

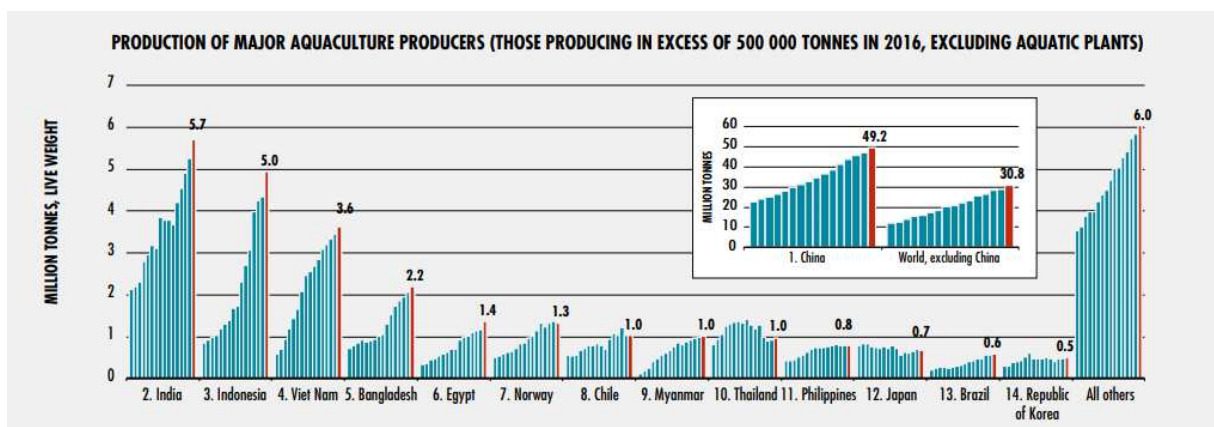


Figura 1. Maiores produtores aquícolas

Fonte: FAO, 2018.

Para realizar cultivos aquáticos, são necessários diversos recursos como terra, água abundante e de boa qualidade, mão de obra qualificada, transporte e ração industrializada. Estes, representam os maiores custos do empreendimento. A ração

desempenha função de nutrição do organismo, portanto deve se adequar a espécie utilizada, e possuir boa palatabilidade, digestibilidade e hidroestabilidade. Portanto uma ração balanceada, gera um sucesso na conversão alimentar, proporcionando níveis satisfatórios de desenvolvimento da espécie (SILVA, 2005).

Além da ração, outros insumos importantes como as larvas, pós-larvas e alevinos, girinos, sementes de moluscos e mudas de macroalgas fazem parte do desenvolvimento do cultivo. De acordo com SCORVO FILHO (2004), no Brasil as espécies mais utilizadas na piscicultura são as carpas, as tilápias e os peixes redondos (Figura 2). Na carcinicultura tem se destacado o cultivo do camarão branco do Pacífico, *Litopenaeus vannamei*. A ostreicultura utiliza sementes produzidas em laboratório da espécie *Crassostrea gigas* e sementes de bancos naturais de *Cassostrea risophorae*.



Figura 2. Espécies mais cultivadas e produção por região.

A aquicultura tem sido responsável pelo crescimento do fornecimento de pescado para consumo humano (SPONCHIADO, 2016). O Brasil é considerado um país estratégico para o desenvolvimento da aquicultura, devido seu potencial e grande reserva de água doce. Porém, apesar de apresentar condições adequadas para esta atividade, o país ainda se encontra pouco estruturado, e grande parte do desenvolvimento baseia-se em espécies introduzidas como carpas, tilápias e bagres (SILVA *et al*, 2013).

Contudo, a atividade vem apresentando um crescimento significativo em várias regiões do Brasil, tendo evoluído de forma expressiva entre os anos de 2009 a 2011 (Figura 3).

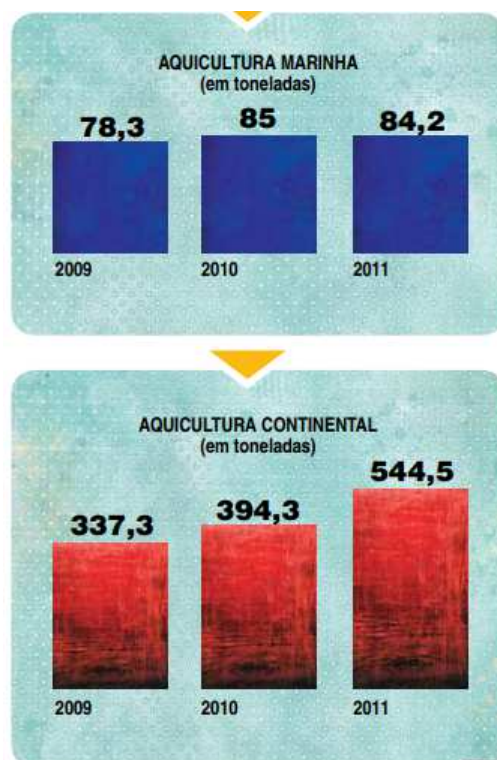


Figura 3. Evolução da aquicultura continental e marinha no período de 2009 a 2011.

Fonte: Ministério da Pesca e Aquicultura, 2014.

1.2 Carcinicultura

Segundo dados da FAO (2018) o camarão representa o segundo grupo de espécies mais exportadas em termos de valor, e apesar da participação da captura do camarão selvagem, o maior volume da oferta total é proveniente de camarões cultivados. Países da América Latina e Ásia são responsáveis por grande parte desta produção (Figura 4).

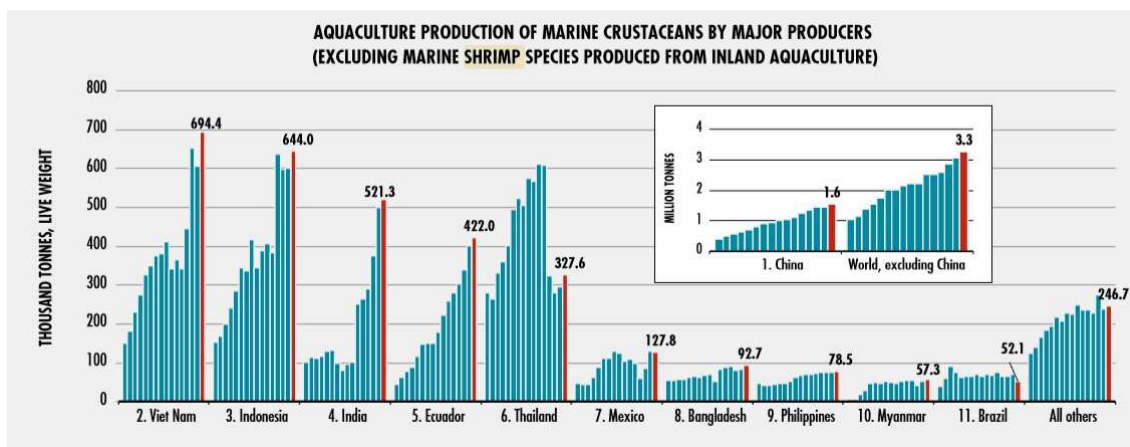


Figura 4. Maiores produtores de crustáceos marinhos na aquicultura.

Fonte: FAO, 2018

A indústria tailandesa, com participação do grupo Charoen Phokand, proporcionou a ascensão da produção de camarão na década de 90 no Sudeste Asiático, tornando-se o segundo maior exportador mundial. Este grupo também auxiliou na mudança do foco da produção da espécie *Penaeus monodon* para *L. vannamei*. Isto gerou melhorias na produção devido a facilidade de cultivo e menor custo que a produção do *L. vannamei* requer (NATORI, 2011).

As más condições climáticas e o aumento da densidade de camarões em um cultivo, propiciaram o aparecimento de doenças e a disseminação de patógenos. As enfermidades que mais afetam a carcinicultura são causadas por vírus e bactérias. As doenças virais são as que provocam maiores perdas no cultivo e possui difícil diagnóstico (DE NEGREIROS & SANTOS, 2015). Entre as doenças virais com impacto na produção, destaca-se a Síndrome de Taura que afetou a produção na Colômbia e Equador (NATORI, 2011). Além desta, já foram notificadas a Doença da Cabeça Amarela (YH), Mionecrose Infecciosa (IMN) e a mais recente o Vírus da Síndrome da Mancha Branca (WSS). Este último, esta presente e afeta a produção nas regiões Sul e Nordeste (DE NEGREIROS & SANTOS, 2015).

A produção de camarão no Brasil começou a se desenvolver no início da década de 70, com o uso de tecnologias importadas, até começar a desenvolver sua própria tecnologia (NATORI, 2011). O camarão utilizado nos primeiros cultivos era a espécie *Marsupenaeus japonicus*, devido a abundância de informações sobre técnicas de cultivo e reprodução, porém a espécie não conseguiu se adaptar em algumas regiões gerando alguns prejuízos. A produção de camarões marinhos cultivados avançou no Brasil na década de 90, após a introduzida bem sucedida do *L. Vannamei* (NATORI, 2011).

O cultivo de camarão marinho apresenta grande importância socioeconômica, possuindo elevada oferta no mundo. As buscas por novas tecnologias para o melhoramento das atividades são frequentes, como a produção de organismos livres de patógenos, rações balanceadas que impactam menos a qualidade de água e equipamentos de produção (NATORI, 2011).

1.3 Impactos ambientais da aquicultura e mitigação

Ao mesmo tempo em que a aquicultura se expande ela gera conflitos. De acordo com TANCREDO *et al* (2011) os impactos dessa atividade podem ser divididos em biológicos, físicos e socioeconômicos. A poluição hídrica, causada pelo comprometimento da qualidade de água dentro do viveiro e quando lançado no corpo receptor, pode induzir a difusão de doenças e se caracteriza como um impacto biológico ao ecossistema.

O impacto físico ocorre quando a paisagem sofre alguma modificação, além do aporte de sedimento que se encontra suspenso na coluna d'água, a destruição de áreas protegidas e de cobertura vegetal constitui grande impacto ao ecossistema (TANCREDO *et al*, 2011). As áreas de manguezais desempenham grande importância ecológica, por participarem da ciclagem de nutrientes, atuarem como transformadores da matéria orgânica ali depositada, servirem como berçário para diversas espécies e por sua fauna associada possui papel econômico para a população humana adjacente. Apesar de terem grande importância estão entre as mais impactadas pela atividade de aquicultura (CORREIA & SOVIERZOSKI, 2005).

Os impactos socioeconômicos em sua maioria são positivos, devido a geração de renda e empregos, porém podem tornar-se negativos quando ocorre a desestruturação das comunidades de pescadores artesanais e rivalidades entre comunidades próximas (TANCREDO *et al*, 2011).

Dentre os impactos mais importantes e que demandam constante monitoramento é a qualidade do efluente despejado no corpo receptor. Essa depende da qualidade da água de abastecimento, da qualidade e da quantidade dos alimentos fornecidos ao organismo cultivado, do tempo de residência do efluente dentro dos sistemas de criação, das espécies cultivadas e da densidade de estocagem. Esses impactos podem ser

internos, que interferem no próprio sistema de criação, podem ser locais, que se estendem na área adjacente a liberação de efluentes e regionais, que compreendem vários quilômetros (HENRY-SILVA & CAMARGO, 2008).

Diferentes níveis de intensidade do cultivo causam grandes diferenças na geração de efluentes. Quanto mais elevada for a densidade de estocagem (número de animais por unidade de área ou volume de água cultivada), maior será a intervenção humana com o uso de rações completas para o crescimento do animal. A Resolução CONAMA 001/86 exige a obrigatoriedade da elaboração de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) para atividades que possam gerar impactos ao ambiente, como a aquicultura (HENRY-SILVA & CAMARGO, 2008).

O acúmulo de nutrientes causado pela excessiva oferta de ração ao animal, acúmulo de excrementos e nível de intensificação do cultivo, podem causar a rápida eutrofização dos corpos receptores do efluente, caso não sejam adotadas medidas de tratamento prévio.

No ambiente de cultivo, o aumento das concentrações de nitrogênio, fósforo e matéria orgânica provenientes do despejo do efluente, tendem a favorecer o aumento da comunidade fitoplanctônica. Isso provoca variações no nível de oxigênio dissolvido na água, causando no período da manhã a supersaturação de oxigênio que pode ocasionar a embolia gasosa nos organismos e no período da noite pode causar déficit de oxigênio dissolvido causando a morte de organismos heterotróficos e autotróficos. (HENRY-SILVA & CAMARGO, 2008).

A influência do efluente liberado pode atingir até um km desde o local de lançamento como apresentado por CAMARGO (1992), porém já foram observados os efeitos do efluente de uma fazenda de truta até 12 km do local de lançamento (BOAVENTURA *et al*, 1997). Esse autor reportou também uma modificação na macrofauna bentônica, pela substituição por espécies capazes de sobreviver em ambientes de alta sedimentação e baixo nível de oxigênio. Em alguns casos ocorre o aumento da biomassa ou o aparecimento de macrófitas aquáticas na região, algumas macrófitas são flutuantes e impedem a passagem de luz para a coluna d'água, causando redução de oxigênio (HENRY-SILVA & CAMARGO, 2008).

A divisão Rodophyta é abundante em ambientes tropicais, apresentando característica morfológica de plantas filamentosas e menores, ao contrário das algas que ocorrem em regiões polares (LEE, 2008).

A ordem Gelidiales Kylin, é um grupo monofilético e está inserida na classe Florideophyceae, sendo distribuída em dez gêneros e três famílias: Gelidiaceae, Gelidiellaceae e Pterocladiaceae (IHÁ,2014). Esta ultima característica proporciona valor econômico na produção de itens alimentícios e ecológica por dominar diversos ambientes (VERAS, 2011).

A família Pterocladiaceae não é monofilética, apresentando três gêneros *Pterocladia*, *Aphanta* e *Pterocладиella* (IHÁ,2014).

A espécie *Pterocладиella beachiae* Freshwater não apresenta muitos estudos, e não há relatos de estudos voltados a seu uso como biofiltro. Pelo fato desta espécie estar inserida na ordem Gelidiales Kylin, a mesma apresenta potencial de produção de alta qualidade de ágar (IHÁ, 2014), sendo uma boa opção para o uso em cultivos multitróficos, por apresentar valor econômico no final do cultivo (RAPOSO, 2013). A espécie, geralmente é encontrada em áreas impactadas, que recebem grandes aportes de nutrientes e apresentam alta turbidez, portanto, exibe potencial para sobreviver em condições severas do efluente da carcinicultura. Além de possuir a capacidade de absorver nutrientes, como nitrogênio e fósforo, para seu crescimento, o qual pode promover a melhoria dos parâmetros de qualidade água dos efluentes, precedendo seu descarte.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Cultivo intensivo em berçários de camarão marinho com sistema de bioflocos.

Os berçários abrangem a fase de pós-larvas (PL) recém-metamorfoseadas até a fase juvenil (PENTEADO, 2012). A utilização desses sistemas apresentam ser uma alternativa contra mudanças abruptas nas variáveis ambientais na transferência das pós-larvas para os sistemas de engorda, portanto, a fase de berçário funciona como sistema intermediário de adaptação (CAVALLI *et al.*, 2008). O tempo de duração do berçário está relacionado com a espécie, localização e tipo de berçário. Os cultivos realizados em berçários do tipo tanque interno tem duração de 2 a 8 semanas, e um tamanho de 10 a 50 m³, funcionando em galpões fechados onde se tem o controle das variáveis ambientais, aeração e substrato artificial. Já os cultivos desenvolvidos em berçários do tipo viveiro, semelhantes aos viveiros de engorda, possuem duração de 4 a 10 semanas e uma área que varia de 300 a 2000 m², podendo possuir cobertas para controle de temperatura (PENTEADO, 2012).

De modo geral, o uso de berçários proporciona ao cultivo maior nível de sobrevivência dos animais devido ao ganho de resistência, facilidade de monitoramento e controle da alimentação, sendo um fator importante que influencia no crescimento dos organismos e sucesso da produção (ARAÚJO LOURENÇO *et al.*, 2009).

A alta taxa de renovação de água em cultivos intensivos pode gerar problemas associados a entrada de patógenos, a captação de água com parâmetros de qualidade de água já comprometidos, e o elevado custo para o bombeamento da água (SILVA, 2008). Como forma de solucionar o problema foi desenvolvido sistemas com menor troca ou

reuso de água, no qual é promovido o crescimento de bactérias heterotróficas e nitrificantes, comumente conhecido como bioflocos (MELO FILHO *et al.*, 2013).

A formação de bioflocos no tanque ou viveiro de cultivo corre pela adição de fontes de carbono como, o melaço da cana de açúcar, farelos de trigo e arroz, entre outros produtos, que modificam a relação C:N. Esse elemento favorece o crescimento das bactérias heterotróficas, que quando associadas a uma alta concentração de oxigênio dissolvido, oriundo da aeração mecânica, conseguem produzir agregados e formar flocos microbianos que removem compostos nitrogenados presentes na água (WASIELESKY, 2013). Esses flocos apresentam em sua composição proteína que auxilia no crescimento de pós-larvas do *L. vannamei* (SILVA, 2008). Alguns problemas, no entanto, podem ser provocados nesses sistemas devido ao aumento excessivo de lodo e flocos, gerando um aumento do nível de turbidez da água, que devem ser monitorados e removidos quando necessário (MELO FILHO *et al.*, 2013).

2.2 Compostos nitrogenados, fosfatados e seus processos.

O efluente gerado pelo cultivo de organismos aquáticos possui alta concentração de nutrientes sólidos e solúveis, sendo os mais importantes os compostos nitrogenados e os fosfatados (MACEDO & SIPAUBA-TAVARES, 2010). Estudos mostram que apenas 25 a 30% do nitrogênio e fósforo fornecido através de ração e fertilizantes será aproveitado para o aumento da biomassa de peixes e camarões. O restante do nitrogênio e fósforo fica retido no sedimento ou eliminado pelo despejo de efluentes (SILVA *et al.*, 2013).

O fósforo apresenta grande importância nas atividades realizadas por organismos, além de estar presente na formação do mesmo. Sua origem por processos naturais ocorre devido ao intemperismo de rochas, chuvas e lixiviação dos solos, entre outras formas. No entanto sua origem antrópica decorre da utilização de fertilizantes químicos, efluentes urbanos e efluentes provenientes da aquicultura (MARINS & DE PAULA FILHO & ROCHA, 2007).

O fósforo é um nutriente limitante para produção primária nas zonas costeiras e estuarinas, devido sua baixa mobilidade e solubilidade de fosfatos. Alguns dos processos de transformação do fósforo é a mineralização, a assimilação, a precipitação, e a solubilização microbiológica das formas insolúveis (CUNHA, 2003).

O nitrogênio pode ser encontrado em diversas formas de acordo com seu estágio de oxidação (CUNHA, 2003). Seu ciclo compreende cinco estágios. A fixação consiste na captura de nitrogênio gasoso para transformação em compostos químicos que serão utilizados por plantas e animais. A amonificação consiste na transformação do nitrogênio orgânico em amônia. A assimilação promove a formação de proteína vegetal ou compostos nitrogenados por meio da utilização de amônia e nitrato. E por último a nitrificação e desnitrificação.

A amônia é o principal resíduo nitrogenado excretado pelos animais, no interior dos viveiros de produção. A amônia é produzida pela conversão do nitrogênio orgânico, formando moléculas de amônia ou íon amônia de acordo com o pH, e poderá produzir, em condições neutras, amônia não ionizada NH_3 que é a forma mais tóxica para os organismos aquáticos por difundir-se nas membranas respiratórias do animal sendo impossível sua retirada por volatização (MELO FILHO *et al*, 2013).

O uso de fertilizantes contendo amônia são entradas exógenas no sistema de cultivo que podem causar um desequilíbrio, favorecendo o crescimento de algas que afetam na passagem de luz e o fornecimento de oxigênio, causando mortalidade em certas condições (MACEDO & SIPAUBA-TAVARES, 2010).

A amônia é um parâmetro de qualidade de água muito importante devido sua alta capacidade de chegar a concentrações tóxicas rapidamente, sendo um dos compostos que mais afeta o cultivo. Para isso são feitos estudos toxicológicos e histopatológicos para obter informações do efeito causado no organismo e o estabelecimento de níveis de segurança permitidos na produção (SPONCHIADO, 2016).

O nitrito apresenta toxidez somente em altas concentrações, provocando a oxidação do átomo de ferro da molécula de hemoglobina, que passa do estado ferroso (Fe_2^+) para o estado férrico (Fe_3^+), tornando o animal incapaz de transportar oxigênio para os tecidos, estabelecendo um quadro de hipoxia e cianose (MELO FILHO *et al*, 2013).

A concentração de nitrogênio na forma de nitrato é de importância para a saúde humana e do animal. Esse composto normalmente se apresenta em concentrações baixas em superfície do tanque e elevadas em águas profundas, resultado da mineralização e nitrificação (MACEDO & SIPAUBA-TAVARES, 2010). Elevados teores de nitrato em

corpos de água para abastecimento podem causar doenças como a metahemoglobinemia, que resulta na morte prematura de bebês recém-nascidos.

Como visto, em certas quantidades esses elementos podem apresentar toxidez ao cultivo ou desencadear o aumento excessivo de microalgas. A nitrificação representa a forma de remoção natural de nitrogênio amoniacal do meio. Esse processo consiste na oxidação de amônia a nitrato, tendo o nitrito como composto intermediário, por meio de bactérias autotróficas, sendo realizado em duas etapas distintas. Na primeira etapa, bactérias do gênero *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*, *Nitrospira*, *Nitrosolobus*, *Nitrosovibrio*, *Nitrosocystis* e *Nitrosogloea*, oxidam a amônia e na segunda etapa, bactérias do gênero *Nitrobacter*, *Nitrococcus*, *Nitrospira* e *Nitrocystis*, *Bacteroides* e *Microderma*, oxidam nitrito (MELO FILHO et al, 2013).

A remoção desse nitrato acumulado da nitrificação ocorre por meio da desnitrificação, que ocorre na ausência de oxigênio ou em baixas concentrações, onde o nitrato é reduzido a N_2 gasoso, para que novamente esse elemento retorne ao seu ciclo.

Porém quando compostos nitrogenados e fosfatados são liberados em corpos d'água, seja de forma natural ou ação antropogênica, como o lançamento de efluentes, ocorrem mudanças no ambiente devido ao processo de eutrofização do meio. Estas alterações podem consistir no crescimento de plantas aquáticas devido ao excesso de nutrientes limitantes despejados no corpo hídrico, que consomem o oxigênio causando mortalidade dos organismos aquáticos e o aumento da turbidez. Ao fim do seu ciclo de vida, as algas se depositam no fundo e são degradadas por bactérias aeróbias, que consomem o oxigênio restante na água até acabar completamente e a degradação continua por meio de bactérias anaeróbias. Estas produzem gases que acabam ressuspendendo a matéria orgânica não degradada. Posteriormente, mais nutrientes são liberados por meio do despejo de efluentes dando continuidade a eutrofização (MELO FILHO et al., 2013).

2.3 Utilização de macroalgas marinhas como biofiltro.

O efluente despejado pela aquicultura apesar de possuir uma menor concentração de nutrientes quando comparado ao efluente doméstico, pode resultar em impactos ambientais como a eutrofização de corpos d'água receptores e problemas de saúde pública (NOGUEIRA, 2008). A qualidade do efluente está relacionada com a

espécie cultivada, densidade de estocagem, qualidade e quantidade da ração ofertada. Os resíduos da ração não consumida são convertidos em amônia, fosfato e dióxido de carbono devido sua degradação no meio, além do uso de produtos químicos como fertilizantes que elevam as concentrações de nitrogênio e fósforo no viveiro (SANTOS, 2009).

Para contornar os impactos ambientais do lançamento de efluentes, alguns estudos sugerem tecnologias alternativas, como os *wetlands*, os cultivos de recirculação total de água e o uso de aeradores mecânicos. Outra alternativa para tratamento dos efluentes é o cultivo multitrófico integrado (RAPOSO, 2013), que consiste em cultivar em conjunto organismos de diferentes níveis tróficos promovendo assim a reciclagem de nutrientes residuais. Com isso as excretas produzidas e a ração não consumida pelos animais torna-se recurso para outros consumidores que também possuem valor econômico.

O cultivo integrado de macroalgas na aquicultura de camarão marinho tem como interesse a utilização dos nutrientes residuais fornecidos pela produção animal e a produção de macroalgas marinhas para comércio (RAPOSO, 2013). Estudos vem demonstrando a eficiência desse método da remoção dos nutrientes (CARNEIRO, 2007). Por exemplo PIRES (2017) utilizou a macroalga vermelha *Kappaphycus alvarezii* e obteve remoção de 83 a 100% das concentrações de fosfato em diferentes tratamentos. Já ALENCAR & JUNIOR & CELINO (2010) utilizando *Ulva lactuca* como biofiltro, reduziram 90% da amônia gerada pelo efluente em um sistema de recirculação. A remoção dos nutrientes proporciona uma melhor qualidade do efluente, que ao invés de serem despejados podem retornar aos viveiros, podendo ser adotado um sistema de recirculação (ALENCAR & JUNIOR & CELINO, 2010). Portanto as algas são comprovadamente eficientes biofiltros (SANTOS, 2009)

Além da remoção dos nutrientes, o cultivo integrado com macroalgas favorece o aumento do oxigênio dissolvido na água, como constatado por FREIRE (2007) utilizando a *Gracilaria caudata* em cultivo integrado com o camarão *Litopenaeus vannamei*. Outras variáveis como pH, turbidez e concentração de fitoplâncton também sofrem alterações positivas, gerando melhor qualidade do meio de cultivo (RAPOSO, 2013).

As macroalgas podem apresentar valor nutricional para os organismos aquáticos cultivados, podendo substituir parte do alimento artificial, gerando melhorias econômicas para o empreendimento, pois 60% dos custos da produção animal decorre

da alimentação artificial (RAPOSO, 2013). As mais estudadas para esse objetivo nutricional são as macroalgas verdes, que em alguns estudos realizados, mostraram o crescimento superior dos animais submetidos a alimentação por biomassa vegetal fresca (RAPOSO, 2013).

As macroalgas também apresentam valor econômico, por servirem de alimento e seus subprodutos, como a carragenana e o agar, serem utilizados pela indústria farmacêutica e cosmética (ALENCAR & JUNIOR & CELINO, 2010). Apesar do extenso litoral brasileiro o comércio de macroalgas se encontra em fase inicial, com grandes estoques naturais em depleção devido sua retirada excessiva para atender a demanda (PIRES, 2017). Mesmo assim a produção anual não é satisfatória e o país acabou se tornando importador da matéria prima, com apenas algumas empresas brasileiras como a Griffith S/A, e a Agar Gel que processam agar e carragenana (PIRES, 2017). Comparativamente, em escala mundial, a produção de plantas aquáticas é importante para muitas regiões, sendo várias espécies produzidas (Figura 5; FAO, 2018).

WORLD AQUACULTURE PRODUCTION OF AQUATIC PLANTS (thousand tonnes, live weight)								
Species item	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Euclidean seaweeds nei, <i>Euclidean</i> spp.	987	3 481	4 616	5 853	8 430	9 034	10 190	10 519
Japanese kelp, <i>Laminaria japonica</i>	4 371	5 147	5 257	5 682	5 942	7 699	8 027	8 219
Gracilaria seaweeds, <i>Gracilaria</i> spp.	933	1 691	2 171	2 763	3 460	3 751	3 881	4 150
Wakame, <i>Undaria pinnatifida</i>	2 440	1 537	1 755	2 139	2 079	2 359	2 297	2 070
Elkhorn sea moss, <i>Kappaphycus alvarezii</i>	1 285	1 888	1 957	1 963	1 726	1 711	1 754	1 527
Nori nei, <i>Porphyra</i> spp.	703	1 072	1 027	1 123	1 139	1 142	1 159	1 353
Seaweeds nei, Algae	1 844	3 126	2 889	2 815	2 864	449	775	1 049
Laver (nori), <i>Porphyra tenera</i>	584	564	609	691	722	674	686	710
Spiny euclidean, <i>Euclidean denticulatum</i>	172	259	266	288	233	241	274	214
Fusiform sargassum, <i>Sargassum fusiforme</i>	86	78	111	112	152	175	189	190
Spirulina nei, <i>Spirulina</i> spp.	48	97	73	80	82	86	89	89
Brown seaweeds, Phaeophyceae	30	23	28	17	16	19	30	34
Others	20	28	27	28	18	15	14	17
Total	13 503	18 992	20 785	23 555	26 863	27 356	29 365	30 139

Figura 5. Produção proveniente da aquicultura mundial de plantas aquáticas.

Fonte: FAO,2018

Como opção, o cultivo de macroalgas associado ao cultivo de camarão marinho constitui uma nova forma produção capaz de satisfazer a demanda por subprodutos de algas, tendo em vista que a quantidade de biomassa vegetal e qualidade do ágar tem se

mostrado superior quando cultivados com o efluente da carcinicultura (RAPOSO, 2013).

As macroalgas mais estudadas e utilizadas para o cultivo integrado são as do gênero *Ulva*, que apesar de ser comumente utilizada e possuir crescimento positivo, não apresenta importância econômica. Outra opção comum é gênero *Gracilaria*, que também possui crescimento positivo, porém associado à importância econômica, devido seus subprodutos como ágar (RAPOSO, 2013).

3 OBJETIVOS

Objetivo geral

Avaliar o potencial da alga *Pterocliadiella beachiae* para remoção de nutrientes específicos do efluente da carcinicultura.

Objetivos específicos

Avaliar as variações da biomassa e a taxa de crescimento relativo (TCR) da alga *Pterocliadiella beachiae* cultivadas em efluente da carcinicultura, relacionando-as aos parâmetros ambientais.

Avaliar a eficiência de remoção por *Pterocliadiella beachiae* de compostos nitrogenados (íon amônio, NH_4^+ ; nitrito, NO_2^- ; nitrato, NO_3^- e fosfato, PO_4^{3-}) em efluentes do cultivo de camarão.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Descrição da espécie

A espécie *Pterocladia beachiae* Freshwater possui a formação de talo isolado ou em tufo que se prendem ao substrato com o auxílio do apressório formado por filamentos rizoidais do tipo *peg-like* (Figura 8). Essa alga possui coloração vermelho vinácio com medição aproximada de 3,0 cm de altura. Devido sua aparência semelhante à *Pterocladia caerulea*, foi colocada como sinônimo da mesma. Porém, estudos utilizando DNA Barcoding comprovaram ser tratar de espécies distintas (Ihá, 2014). A *P. beachiae* apresenta importância na zona entre marés por sustentar uma abundante fauna associada (VERAS, 2011).

A escolha da *P. beachiae* para esse estudo foi devido a sua ocorrência em bancos de arenitos próximos a galerias de lançamentos de esgoto, supondo que essa alga suporta altas concentrações de nutrientes.



Figura 6. Moluscos associados a alga vermelha *P. beachiae* na praia do Meireles, Fortaleza-CE.



Figura 7. Presença de tufos de alga no local de coleta.

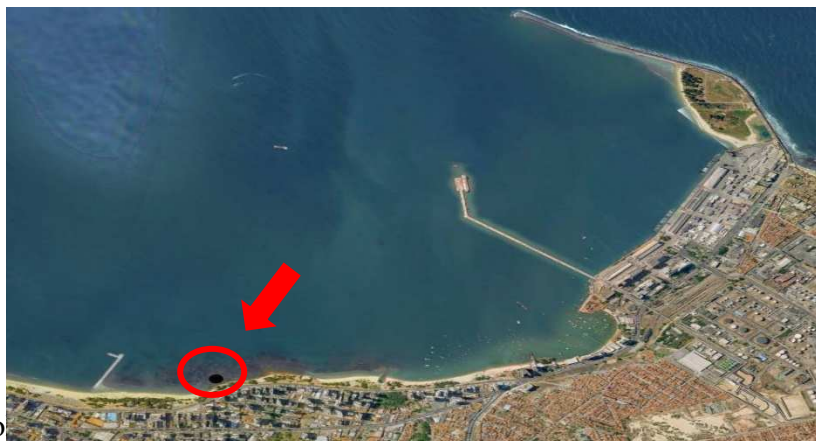


Figura 8. Espécime da macroalga *P. beachiae* Freshwater.

4.2 Local e procedimento de coleta

4.2.1 Coleta de macroalgas

A coleta da macroalga *P. beachiae* foi realizada na praia do Meireles, Fortaleza-CE (3°43'24.0"S 38°29'23.8"W), onde a espécie é encontrada em poças de maré, fixa em substrato rochoso em recifes de arenito (Figura 9).



A coleta foi realizada para raspar a alga do substrato rochoso, em períodos de maré baixa de sizígia. As algas foram coletadas e condicionadas em recipientes com água do mar e levadas ao Laboratório de Macroalgas no Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará, onde foi realizada a limpeza para a retirada de epífitas e a pesagem. As algas foram colocadas em recipientes de vidro de aproximadamente 800 mL com aeração constante em água do mar para aclimatação, durante três dias.

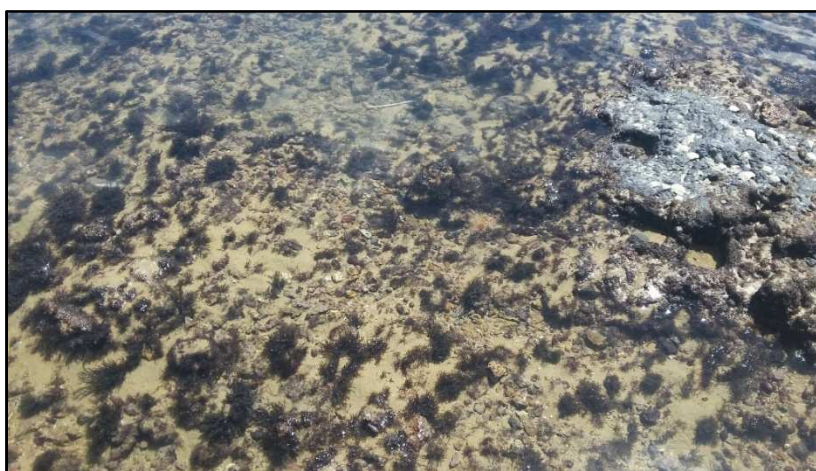


Figura 10. Disposição da alga *P. beachiae* na poça de maré da praia do Meireles, Fortaleza -CE.

4.2.2 Coleta do efluente

O efluente utilizado nos experimentos, foi coletado em um tanque de cultivo de camarão marinho da espécie *Litopenaeus vannamei* em sistema de berçário (Figura 11) no Centro de Estudos Ambientais Costeiros-CEAC.

O berçário apresentava um sistema de cultivo intensivo com alta estocagem de camarão marinho na fase de transição de pós-larva para juvenil, o uso de aeração mecânica constante, e o emprego de rações balanceadas com alto teor de proteína bruta, o que proporciona uma água eutrofizada devido a lixiviação da ração não consumida e excreção dos animais (CAVALCANTI, 2003).

Para o controle do crescimento excessivo de organismos fotossintetizantes foram utilizadas telas para minimizar a incidência solar. Para o controle de compostos nitrogenados o sistema de cultivo foi mantido em regime de bioflocos, utilizando melaço de cana de açúcar em pó como fonte de carbono orgânico.



Figura 11. Tanque de cultivo do sistema de berçário do *L. vannamei*.

4.3 Experimentos em laboratório

O sistema experimental foi constituído por 16 recipientes de vidro com capacidade de 800 mL cada, onde foi colocado o efluente da carcinicultura e a alga. Cada semana foram retirados quatro recipientes, sendo três recipientes de tratamento, ou seja, alga e efluente, e um controle, somente contendo efluente. O sistema foi mantido em local fechado, sob condições controladas de luz por um temporizador e fotoperíodo

de 12 claro/escuro, uma fonte de aeração em cada recipiente e coberto por uma tela de plástico para evitar evaporação.

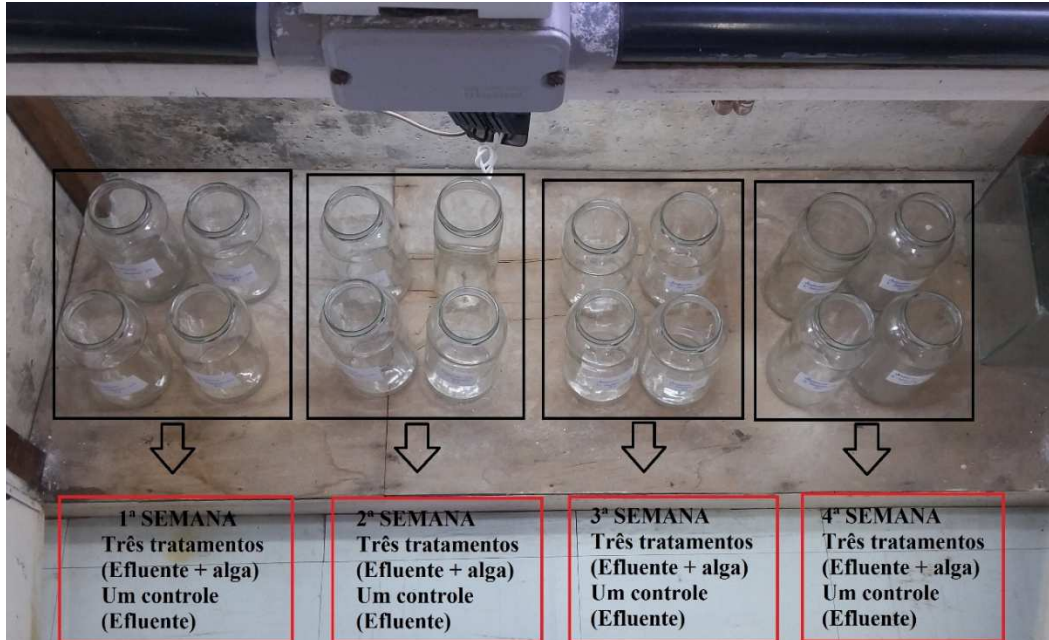


Figura 12. Desenho experimental- experimentos 1 e 2.

Os parâmetros físicos e químicos foram medidos semanalmente. Para a medição da temperatura e oxigênio dissolvido foi utilizado um oxímetro; para a salinidade foi utilizado um refratômetro e para o pH foi utilizado um peagâmetro com eletrodo de vidro.

Para a medição da biomassa foi realizada a pesagem inicial, no início do experimento e a pesagem em cada semana no decorrer do experimento. Para tal, as algas foram coletadas por meio de uma peneira para que não houvesse perda, posteriormente secadas com papel absorvente e pesadas em uma balança digital.

Para o cálculo da Taxa de Crescimento Relativo (TCR) foi usado o modelo descrito por CASABIANCA *et al.* (1997), com a fórmula:

$$TCR: \left[\ln \left(\frac{p_f}{p_i} \right) / (t_f - t_i) \right] \times 100$$

Onde p_f é o peso final e p_i o peso inicial, e t_f menos t_i é o intervalo de tempo entre duas pesagens.

Para o cálculo de redução percentual foi usado a fórmula $\frac{p_f}{p_i} * 100$, realizada a média das algas por semana e a subtração da mesmo por 100%.

Foram analisados os seguintes nutrientes: nitrogênio amoniacal (NH_3), nitrito (NO_2^-), nitrato (NO_3^-) e ortofosfato (PO_4^{3-}), do efluente retirado do sistema de berçário de camarão marinho, seguindo o protocolo de preservação de amostras (Tabela 1). Estes foram armazenados em recipientes adequados para cada análise e etiquetados, posteriormente levados ao Laboratório de efluentes e qualidade de água-EQUAL onde foram feitas as análises (Tabela 2).

Parâmetro analisado	Preservação	Tempo máximo para análise
Nitrato	Cloração	28
Nitrito	Analisar o mais rápido possível, refrigerar	Sem
Nitrogênio amoniacal	Adicionar H_2SO_4 até $\text{pH} < 2$ e refrigerar	7
Ortofosfato	Refrigerar	48 h

Tabela 1. Protocolo de preservação de amostras, adaptado de Eaton *et al.* (2012)

Parâmetro analisado	Método utilizado	Autores
Nitrato	Redução com coluna de cádmio	Baumgarten; Rocha e Niencheski (1996)
Nitrito	Método da sulfanilamida e N-(1-naftil)-etilenodiamina	Baumgarten; Rocha e Niencheski (1996)
Nitrogênio amoniacal	Fenato	Eaton et al. (2012)
Ortofosfato	Ácido Ascórbico	Eaton et al. (2012)

Tabela 2. Métodos de análise das amostras.

Foram realizados três experimentos no total, sendo dois experimentos com diferentes efluentes e um experimento com água do mar, todos com o mesmo sistema experimental e por quatro semanas.

O experimento 1 ocorreu no período de 13/06/2017 a 11/07/2017, totalizando quatro semanas. Nesse experimento, o efluente utilizado foi obtido de um berçário de camarão marinho com 15 dias de cultivo desde o povoamento do tanque berçário. A pesagem inicial da biomassa das algas teve como média aproximadamente 0,440 g (Figura 13).



Figura 13. Sistema do experimento 1 no período noturno.

O experimento 2 ocorreu no período de 22/09/2017 a 20/10/2017. O efluente utilizado foi retirado com 60 dias de cultivo, ou seja, no final do cultivo em berçário. As algas alcançaram um peso médio inicial de 0,760 g.

O experimento 3 ocorreu no período de 24/10/2017 a 21/11/2017 (Figura 14). Foi utilizada água do mar da praia do Meireles em Fortaleza, mesmo lugar da coleta das algas. O sistema experimental foi composto de 12 recipientes com alga, sendo retirado três recipientes a cada semana para pesagem das algas e posteriormente descartados. A pesagem inicial das algas alcançou 0,720 g. O objetivo desse experimento foi relacionar qual fator afetava a variação da biomassa, o efluente da carcinicultura ou o sistema operacional. Nesse experimento não foram realizadas análise de qualidade de água, somente a medição de salinidade, oxigênio dissolvido, pH e temperatura.



Figura 14. Cultivo de macroalgas em água do mar.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Parâmetros físico-químicos dos experimentos 1, 2 e 3.

As características físico-químicas do efluente utilizado no experimento 1 (coletado após 15 dias de cultivo de camarão) e no experimento 2 (coletado após 60 dias do cultivo de camarão) são apresentados na tabela 3.

PARÂMETROS	EXPERIMENTO 1	EXPERIMENTO 2
Salinidade	34 ppm	44 ppm
Temperatura	25,1°C	24 °C
pH	8	7,3
Oxigênio Dissolvido	4,1mg/L	6,8 mg/L
Nitrogênio Amoniacal	3,5mg/L	3,6 mg/L
Nitrito	0,24mg/L	0,24 mg/L
Nitrato	0,34mg/L	1,10 mg/L
Ortofosfato	1,5 mg/L	7,10 mg/L

Tabela 3. Parâmetros de qualidade da água dos efluentes obtidos de um berçário de camarão marinho após 15 dias (experimento 1) e após 60 dias (experimento 2) de cultivo de camarão.

Como esperado, o efluente coletado no final de cultivo (experimento 2) apresentou uma carga maior de nutrientes devido a constante alimentação e excreção realizada pelos organismos aquáticos, assim como uma maior turbidez e sólidos em suspensão. A Figura 15, mostra a diferença visível na coloração, turbidez e sólidos suspensos entre o experimentos 1 e 2.



Figura 15. Efluentes dos experimentos 1 (esquerda) e 2 (direita) na terceira semana de cultivo.

O experimento 1 foi caracterizado por um baixo nível de nutrientes, por consequência da água proveniente do berçário ser de poucos dias de cultivo. Comparado ao experimento 2, também apresenta uma baixa biomassa de algas. O experimento 2 apresentou cerca do dobro de biomassa de alga e uma ocorrência maior de nutrientes na água devido ser uma água de final de cultivo, com maior concentração de ração não consumida e material excretado pelos camarões.

Além disso, houveram diferenças significativas entre os valores de pH, temperatura, salinidade e oxigênio dissolvido dos meios de cultura nos experimentos 1, 2 e 3 (tabela 4).

Parâmetro	Experimento			<i>P</i> ANOVA
	1	2	3	
pH	8,42 ± 0,14a	7,52 ± 0,67b	8,38 ± 0,13a	< 0.05
Temperatura (°C)	25,4 ± 0,1 ^a	23,3 ± 0,6b	23,3 ± 0,7b	< 0.05
Salinidade (g/L)	32 ± 1 ^a	44 ± 2b	41 ± 2c	< 0.05
Oxigênio disso. (mg/L)	9,04 ± 1,64a	7,04 ± 2,05b	6,72 ± 1,85b	< 0.05

Tabela 4. Parâmetros físico-químicos da qualidade de água (média ± desvio padrão) dos três experimentos realizados para avaliar o desempenho da alga *P. beachiae*. Letras similares na mesma linha indicam diferença não significativa segundo o teste *a posteriori* de Tukey HSD ($P < 0,05$).

De acordo com Zoppas & Bernardes & Meneguzzi (2016) os valores de pH, assim como oxigênio dissolvido, são favoráveis para a ocorrência de bactérias

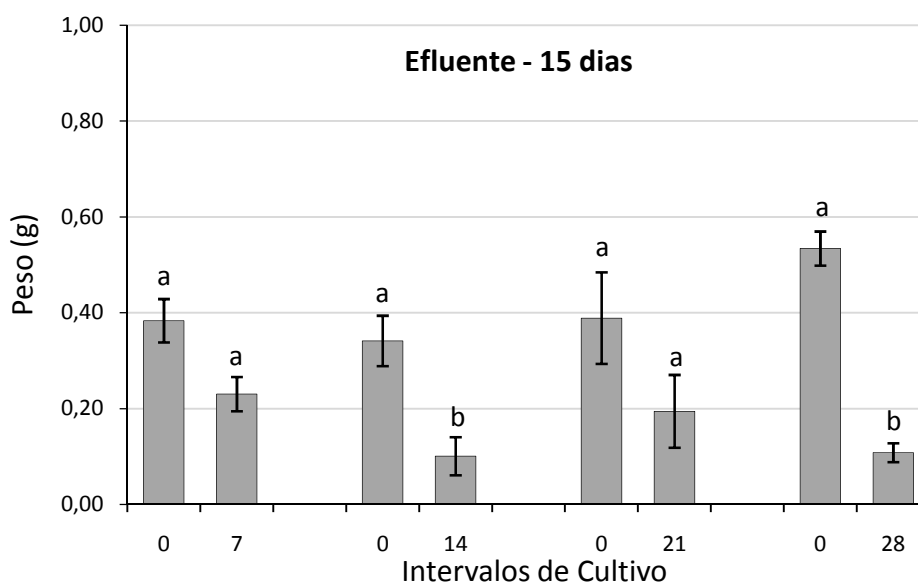
nitrificantes, tendo uma como média na literatura o valor entre 7 e 9. Possivelmente, a diminuição do pH causada no experimento 2 seja decorrente da liberação de prótons devido ao intenso processo de nitrificação (ZOPPAS & BERNARDES & MENEGUZZI, 2016).

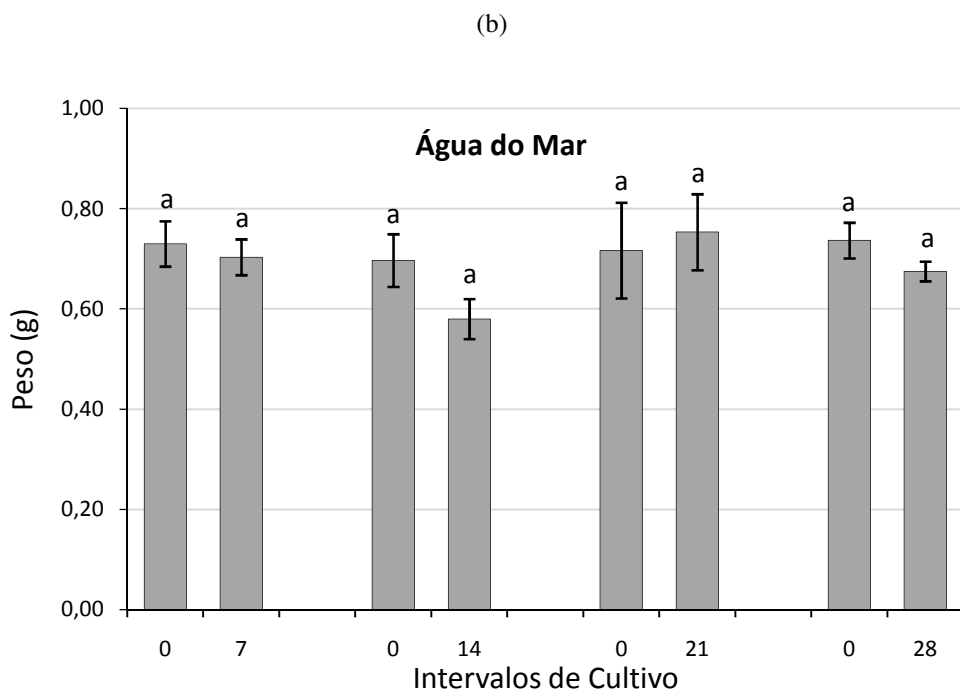
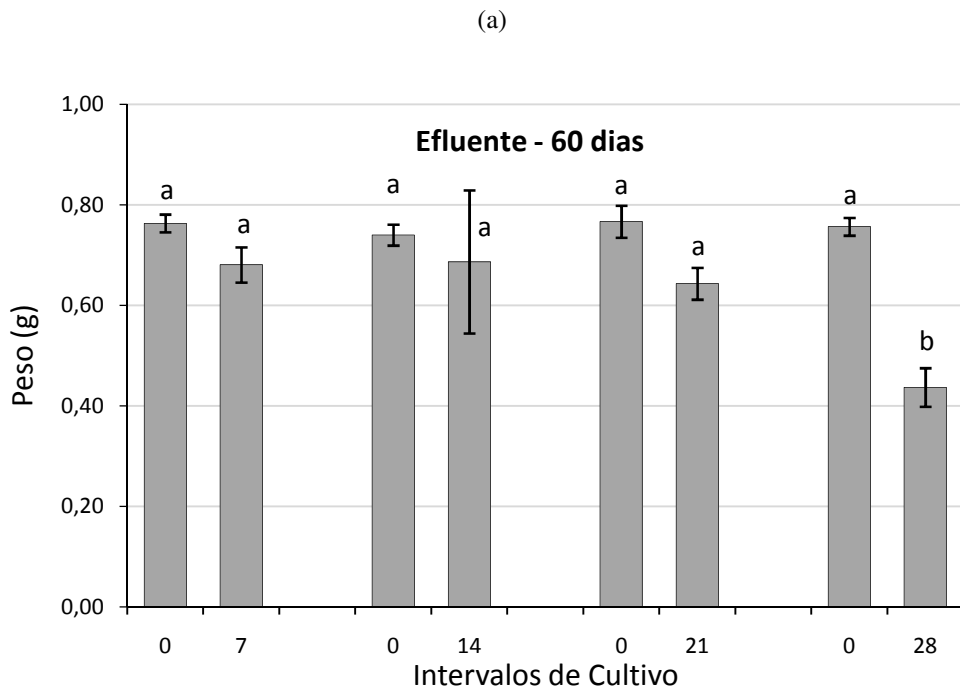
O valores da temperatura também estão na faixa ótima para realização da nitrificação (15 a 32°C), com predominância do gênero *Nitrobacter* que ocorre com variações de temperatura de 8 a 28°C, sendo 28°C a temperatura ótima (ZOPPAS & BERNARDES & MENEGUZZI, 2016).

Para a salinidade, DO AMARAL CARNEIRO (2005) constatou uma redução na biomassa e no TCR de algas quando ocorria uma diminuição na salinidade. Essa pode ser uma das explicações para a maior perda de biomassa no experimento 01, devido a menor salinidade observada. A alga utilizada no estudo, está habituada a salinidades mais elevadas, como os valores observados no experimento 3.

5.2 Biomassa

Os experimentos 1 (utilizando efluente de 15 dias) e 2 (com efluente de 60 dias) apresentaram redução significativa na biomassa das algas entre o início e o fim do cultivo. No primeiro caso, o decréscimo chegou a 79% (TCR = -5,70) do peso das algas. Já no experimento 2 a redução foi de 42% (TCR = -1,96). Por outro lado, no experimento 3 (com água do mar), apesar de ter havido uma redução de 20% no peso inicial das algas (TCR = -0,81), esse valor não foi estatisticamente significativo ($p > 0,05$). (Gráfico 1).





(c)

Gráfico 1. Comparação dos valores de biomassa inicial e final (em gramas, média \pm erro padrão) das algas nos intervalos de cultivo do experimento 1 (a), 2 (b) e 3 (c). Letras diferentes nas colunas indicam diferença estatisticamente significativa entre a biomassa inicial e final de cada respectivo intervalo segundo o teste *a posteriori* de Tukey HSD ao nível de significância de 0,05.

Vários fatores podem explicar essa redução. O próprio modo de cultivo pode ter afetado negativamente a biomassa, já que alga estudada tem grande crescimento lateral (IHA 2014) que pode ter sido limitado pelo sistema adotado. Além disso, o longo período de incubação pode ter resultado em carência de nutrientes, o que costuma ter efeito deletério em algas cultivadas (Ferreira 2017). Já a grande carga de sólidos em suspensão, observada sobretudo no experimento 2, tornava o meio bastante turvo e contribuía para a sedimentação sobre as lâminas fotossintetizantes, limitando a absorção de luz pelas macroalgas (NUNES, 2006). Por fim, as condições físico-químicas do meio de cultivo, como a baixa salinidade observada no experimento 1, podem ter afetado negativamente o crescimento das algas.

A análise estatística realizada com Coeficiente de Pearson (p), com a junção dos valores de biomassa do experimento 1 e 2 em comparação com a junção dos valores finais das concentrações de nutrientes do experimento 1 e 2, teve como resultado correlação significativa e positiva ($p = 0,859$; $P < 0,0001$). Portanto, a redução de nutrientes na água coincidiu com a redução de peso das algas. Esses resultados corroboram com o demonstrado por Ferreira (2017). O autor observou que algas cultivadas em baixa concentração de nutrientes e de bioflocos obtiveram perda de pigmentação e desintegração das lâminas.

Além dos fatores ligados ao sistema de cultivo, foram detectados contaminantes nos 3 experimentos. No experimento 1, na segunda semana (quando também houve redução significativa na biomassa) a alga estava bastante debilitada e apareceu infestada por poliquetas do gênero *Anisus*, que cobrem as lâminas fotossintéticas e prejudicam a realização da fotossíntese. Já nos experimentos 2 e 3 foram detectados anfípodos nos sistemas de cultivo, e, portanto, pode ter havido alguma pressão de herbivoria sobre as algas cultivadas, resultando na redução da biomassa (COSTA, 2006); REIS *et al.*, 2005). Em todos os casos, essa fauna contaminante passou despercebida na triagem inicial, e pode ter contribuído marcadamente para a redução da biomassa.

Por fim, parte da redução observada pode ser atribuída à falhas experimentais. No caso do experimento 1, o tempo de secagem das algas da 4ª semana foi prolongado, o que deve ter resultado em maior perda de umidade. Já no experimento 2 houve uma falha no temporizador na última semana, submetendo as algas a um período longo sem luz. De acordo com ALENCAR (2013), a intensidade luminosa é um dos fatores necessários para a ocorrência da produção fotossintética da alga, pois é a partir daí que a

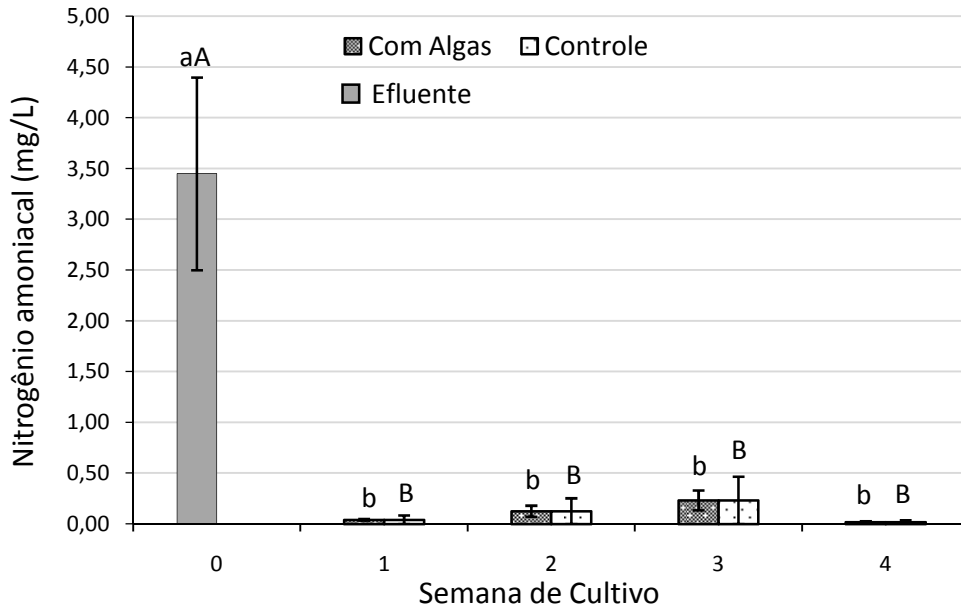
alga sintetiza compostos que promovem seu crescimento e reprodução. Portanto, essa falha no temporizador e a ausência de luz provocou um decréscimo no peso das algas na quarta semana de cultivo.

5.3 Nutrientes

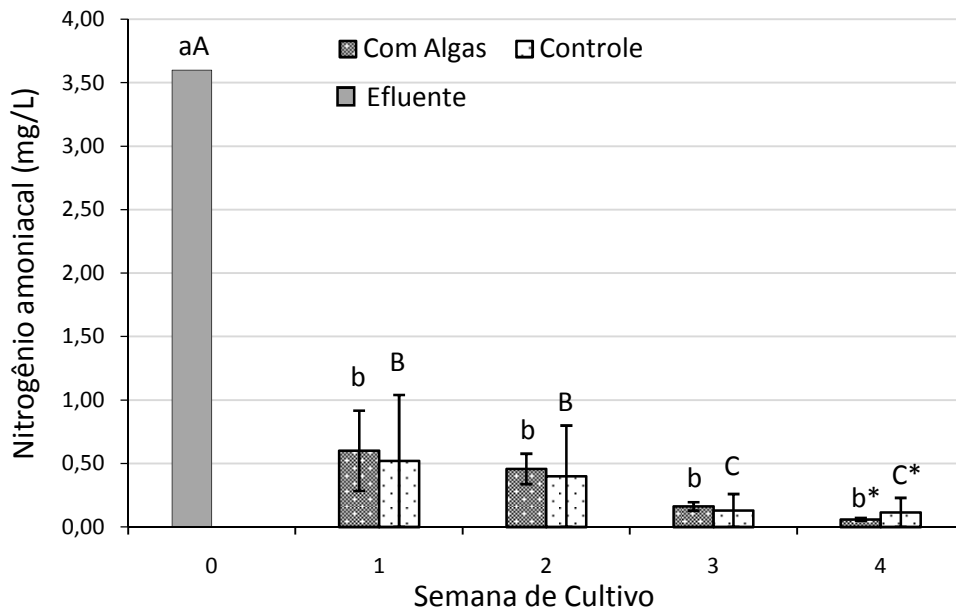
No experimento 1, o valor inicial da concentração de nitrogênio amoniacal registrado foi de 3,5 mg/L (Gráfico 2.a). Posteriormente, na primeira semana, ocorreu uma redução significativa de 3,46 mg/L na concentração de amônia que se prolongou até a quarta semana. As concentrações de nitrogênio amoniacal não apresentaram variações significativas ($P > 0,05$) entre os com e sem algas (controle). Na segunda semana, os valores para o tratamento com algas foi de $0,13 \pm 0,08$ mg/L comparado com 0,08 mg/L no controle. Na terceira semana, os valores alcançaram $0,23 \pm 0,14$ e $0,19$ mg/L, respectivamente. Finalmente, na última semana, tratamento com algas alcançou $0,02 \pm 0,01$ mg/L comparado com 0,01 mg/L no controle. A média geral da concentração de amônia no tratamento com algas no período da primeira semana a quarta semana foi de $0,11 \pm 0,08$ mg/L, e no controle $0,08 \pm 0,07$ mg/L.

No experimento 2, a concentração inicial de nitrogênio amoniacal presente no cultivo foi de 3,6 mg/L(Gráfico 2.b). O tratamento com algas seguiu com uma redução significativa na primeira semana ($P < 0,05$), mantendo-se constante nas demais semanas. Os valores obtidos no decorrer das semanas foram, $0,60 \pm 0,45$, $0,46 \pm 0,17$, $0,07$ e $0,06 \pm 0,02$ mg/L, nas primeira, segunda, terceira e quarta semanas, respectivamente. Para as concentrações do controle, a concentração de nitrogênio amoniacal diminuiu na primeira semana (0,1 mg/L), e depois seguiu com uma redução significativa na terceira semana (0,12 mg/L).

A eficiência de remoção de nitrogênio amoniacal no tratamento com algas foi de 99,5% e no controle de 99,8%, no experimento 1, e de 98,3% para o tratamento com algas e 96,9% do controle, no experimento 2.



(a)

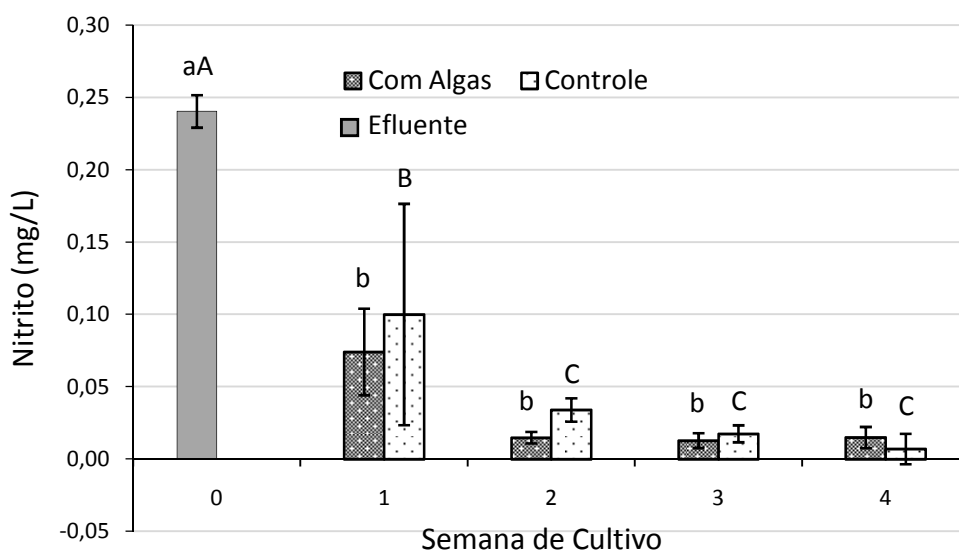


(b)

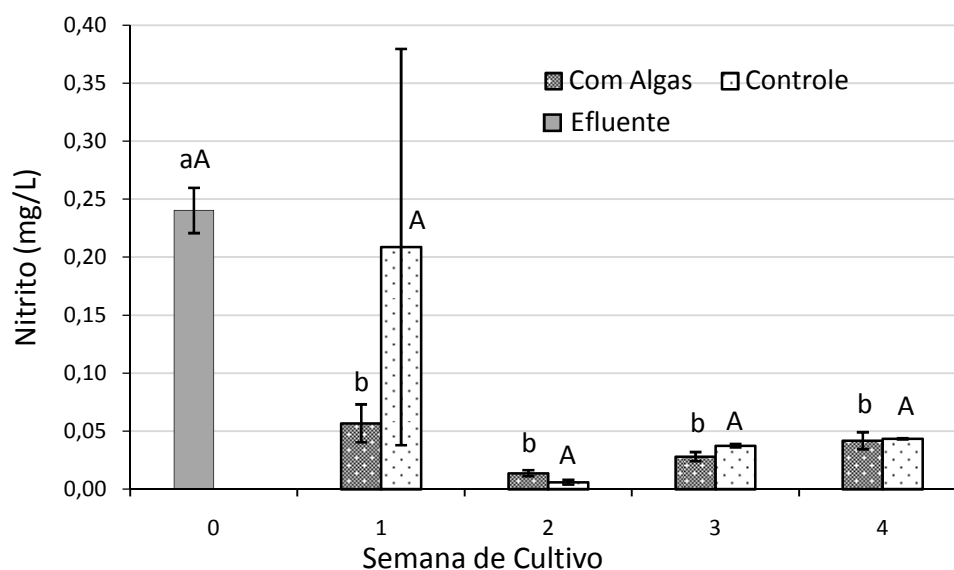
Gráfico 2. Concentração de nitrogênio amoniaco inicial e nas quatro semanas de cultivo, nos sistemas de tratamento com algas e controle, no decorrer do experimento 1(a) e experimento 2 (b). Letras minúsculas e maiúsculas diferentes nas colunas indicam diferença estatisticamente significativa no nitrogênio amoniaco do efluente em relação ao tratamento com algas e o controle, respectivamente. Assim como o asterisco(*) indica diferença significativa entre tratamento com algas e controle, segundo o teste *a posteriori* de Tukey HSD ao nível de significância de 0,05.

Para as concentrações de nitrito, Experimento 1, no tratamento com algas, ocorreu uma redução entre o valor inicial de 0,24 mg/L e o valor primeira semana de $0,07 \pm 0,09$ mg/L (Gráfico 3.a). Após a primeira semana não ocorreram mudanças significativas ($P > 0,05$) na concentração de nitrito. A segunda, terceira e quarta semanas apresentaram valores de $0,01 \pm 0,01$, $0,01 \pm 0,01$ e $0,02 \pm 0,01$ mg/L, respectivamente. Possuindo uma eficiência de remoção de 94,6%. As concentrações de nitrito do controle mantiveram sua variação até a segunda semana. A concentração no efluente inicial foi de 0,24 mg/L, seguido de 0,03, 0,12 e 0,01 mg/L na segunda, terceira e quarta semanas, respectivamente. Com uma eficiência de remoção de 97,1%.

As concentrações de nitrito, Experimento 2, no tratamento com algas se mostraram positivas em relação ao controle, devido a remoção de nitrito que ocorreu no tratamento com algas durante a primeira semana (Gráfico 3.b). Em comparação, a concentração de nitrito no controle manteve o mesmo valor inicial durante as quatro semanas de cultivo. Tendo como concentração inicial de nitrito o valor de 0,24 mg/L. No tratamento com algas, os valores foram $0,07 \pm 0,09$, $0,01 \pm 0,01$, $0,01 \pm 0,01$ e $0,02 \pm 0,01$ mg/L na primeira, segunda, terceira e quarta semanas, respectivamente. Foi observada uma eficiência de remoção de 82,7%. Para o controle, sem algas, os valor média alcançado foi de $0,03 \pm 0,01$ mg/L, apresentando uma eficiência de remoção de 82,2%.



(a)



(b)

Gráfico 3. Concentração de nitrito inicial e nas quatro semanas de cultivo, nos sistemas de tratamento com algas e no controle, durante o experimento 1(a) e experimento 2 (b). Letras minúsculas e maiúsculas diferentes nas colunas indicam diferença estatisticamente significativa no nitrito do efluente em relação ao tratamento com algas e o controle, respectivamente, segundo o teste *a posteriori* de Tukey HSD ao nível de significância de 0,05.

O valor inicial de nitrato nos recipientes com alga e no controle foram de 0,34 mg/L, no experimento 1 (Gráfico 4.a). No sistema de tratamento com algas, as semanas de cultivo não mostraram diferença significativa ($P > 0,05$) ao se comparar com o valor inicial. Os valores médios alcançaram $0,08 \pm 0,04$, $0,38 \pm 0,51$, $0,03 \pm 0,03$ e de $0,01 \pm 0,01$ mg/L na primeira, segunda, terceira e quarta semanas, respectivamente. Alcançado uma eficiência de remoção de 98%. Para o controle, os valores de nitrato registrados foram: 0,23, 0,94, 0,77 e 0,0 mg/L na primeira, segunda, terceira e quarta semanas, respectivamente. Foi observada uma eficiência de remoção de nitrato de 100%.

Já para o experimento 2, ocorreu um crescimento da concentração de nitrato no decorrer do cultivo, tendo como concentração inicial para ambos os sistemas o valor de 1,1 mg/L (Gráfico 4.b). Para o sistema com algas, foi observado um crescimento linear nas concentrações de nitrato ao longo das quatro semanas de cultivo ($P < 0,05$). Os valores obtidos foram, $37,8 \pm 2,6$ mg/L na primeira semana, de $51,5 \pm 3,6$ mg/L na segunda semana, $60,9 \pm 7,3$ mg/L na terceira semana e $69,5 \pm 8,6$ mg/L na quarta semana. A concentração de nitrato também apresentou crescimento progressivo no

controle ao longo do cultivo. Foram observadas concentrações de 43, 55,5, 67,8 e 72,8 mg/L na primeira, segunda, terceira e quarta semanas de cultivo, respectivamente.

O berçário de camarão marinho, onde foi coletado o efluente, operava em regime de bioflocos com a adição de melaço para favorecer o crescimento de bactérias heterotróficas. Este manejo tinha como finalidade o controle e redução de compostos nitrogenados no cultivo (SILVA, 2009).

O processo de nitrificação ocorreu em ambos os experimentos, ocorrendo a diminuição da concentração de nitrogênio amoniacal, seguida do aumento da concentração de nitrato, devido a conversão dos nutrientes (MELO FILHO *et al.*, 2013).

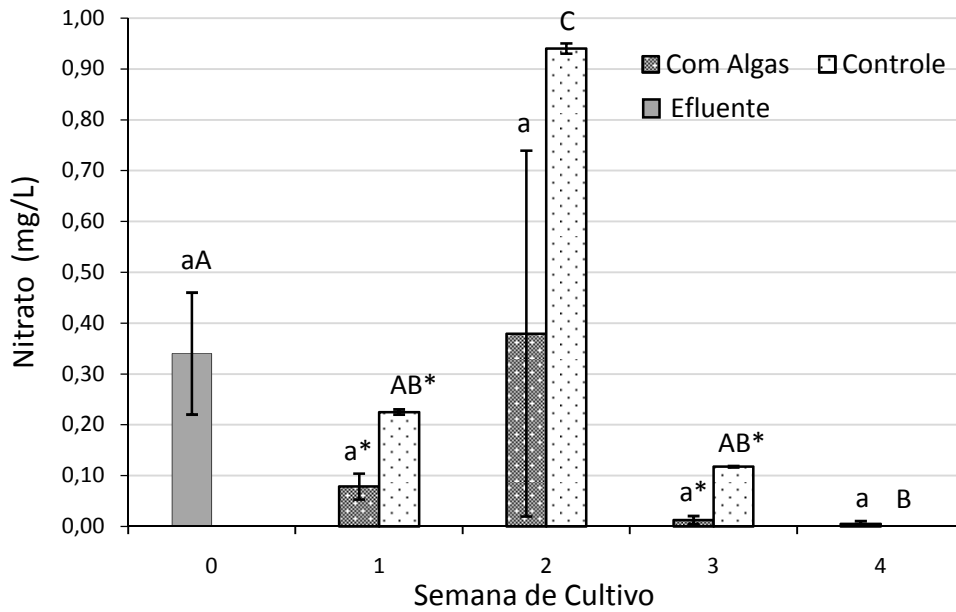
Para os valores de nitrato, o experimento 1 (efluente de 15 dias) obteve resultados positivos, apresentando valores maiores no controle do que aqueles encontrados no tratamento com algas, durante a segunda semana (Gráfico 4.a). Possivelmente essa diminuição ocorreu devido a assimilação de nitrato pela macroalga.

No experimento 2, ocorreu um acréscimo das concentrações de nitrato. Pois um efluente coletado após um ciclo de cultivo de 60 dias, já possuía um ambiente estável, em condições favoráveis para o estabelecimento dessas bactérias. Entre as condições que favorecem o estabelecimento das bactérias nitrificantes estão a aeração mecânica constante (FERREIRA, 2000) e a presença de nitrogênio amoniacal, por meio da ração não consumida pelos camarões (EMERENCIANO, 2007). Com o estabelecimento ótimo dessas bactérias nitrificantes no meio, no decorrer do experimento houve uma produção e acúmulo de nitrato entre as semanas (Gráfico 4.b)

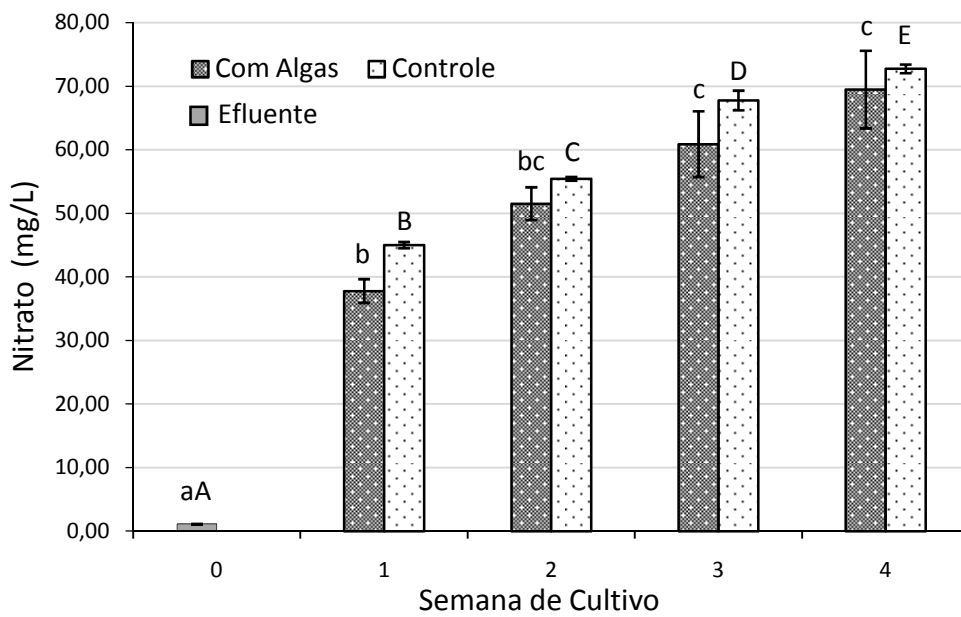
A concentração inicial de nitrato foi mais elevada no experimento 02 comparado ao experimento 01, com os valores de 1,10 e 0,34 mg/L, respectivamente. Do Amaral Carneiro (2007) mostrou que para outra alga vermelha, *Gracilaria cervicornis*, a eficiência de absorção do nitrato ocorreu nos experimentos com menores concentrações. Mesmo havendo produção constante de nitrato, os valores do tratamento com algas estiveram sempre abaixo dos valores do controle, mostrando que a macroalga assimilava uma certa concentração de nitrato do meio.

Também, os valores de nitrato para o experimento 2, foram muito maiores que os valores obtidos somando as concentrações de nitrogênio amoniacal e nitrito. Esse resultado também foi encontrado por Silva (2009). O autor cita o fato dos valores de

amônia e nitrito estarem subestimados por consequência da alta velocidade das taxas de nitrificação. Neste caso, também é válido adquirir essa diferença do somatório, à presença do nitrogênio orgânico, como restos de rações e excreções que se encontravam mais abundantes no final do cultivo de camarões do que no início, que realimentaram a produção e transformação em amônia.



(a)



(b)

Gráfico 4. Concentração de nitrato inicial e nas quatro semanas de cultivo, nos sistemas de tratamento com algas e no controle, durante o experimento 01(a) e experimento 2(b). Letras minúsculas e maiúsculas diferentes nas colunas indicam diferença estatisticamente significativa no nitrato do efluente em relação ao tratamento com algas e o controle, respectivamente, segundo o teste *a posteriori* de Tukey HSD ao nível de significância de 0,05. O asterisco indica diferença estatisticamente significativa na concentração de nitrato entre o sistema com e sem algas dentro de cada semana de cultivo.

Para o tratamento com algas do experimento 1, houve uma redução significativa na concentração de ortofosfato até a primeira semana de experimento (Gráfico 5.a). O valor do efluente inicial foi de 1,5 mg/L, seguido de $0,53 \pm 0,05$, $0,83 \pm 0,34$, $0,63 \pm 0,34$ e $0,63 \pm 0,21$ mg/L na primeira, segunda, terceira e quarta semanas, respectivamente. Comparativamente, no controle foram observados os valores de 1,1, 1,3, 1,5 e 0,8 mg/L, respectivamente. Foram observadas diferenças significativas na concentração de ortofosfato entre o sistema com e sem algas na segunda semana de cultivo ($P < 0,05$)

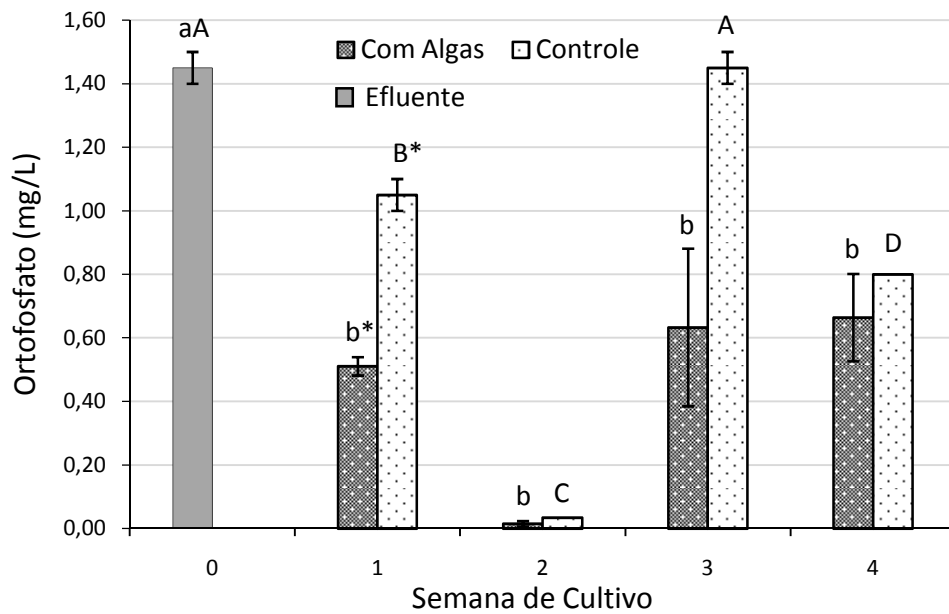
No experimento 2, a concentração de ortofosfato decaiu em relação ao valor inicial de 7,1 mg/L já a partir da primeira semana de cultivo. Porém, entre a segunda até a quarta semana, as concentrações de ortofosfato no tratamento com algas foram menores do que no controle ($P < 0,05$). Os valores para o tratamento com algas foram de 2,9 mg/L na primeira semana, de 4,8 mg/L na segunda semana, de $5,0 \pm 0,1$ mg/L na terceira semana e de $3,1 \pm 0,1$ mg/L na quarta semana. A concentração de ortofosfato no controle apresentou 3,1, 6,0, 6,3 e 3,7 mg/L na primeira, segunda, terceira e quarta semanas, respectivamente.

A taxa de remoção do ortofosfato foram semelhantes em ambos os experimentos. No sistema com algas, houve remoção de 57,8 e 56,3% no experimento 1 e experimento 2, respectivamente. E no controle houve uma remoção de 46,7 e 47,9% no experimento 1 e experimento 2, respectivamente.

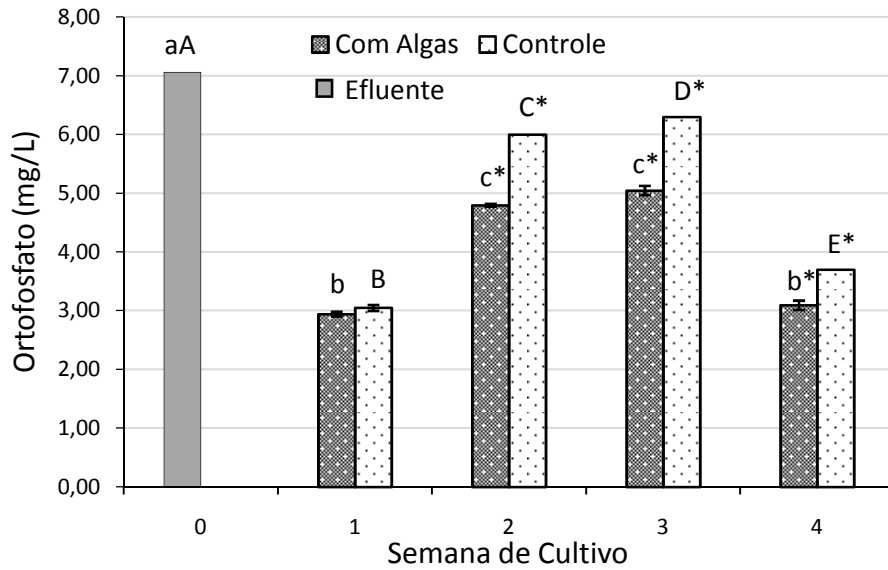
Os dados mostram a eficiente remoção de ortofosfato pela macroalga. No experimento 2, foi visto que a partir da segunda semana de cultivo, a concentração de ortofosfato com algas foram sempre menores ($P < 0,05$) em relação ao controle (Gráfico 5.b)

O fósforo não possui nenhuma forma que permita sua volatilização para atmosfera. Portanto, o mesmo ocorre no sistema de forma inorgânica e dissolvida, sendo acumulada na coluna d'água e na forma particulada, com deposição no sedimento, representando um importante sumidouro para o ortofosfato.

Nos viveiros de cultivo, sua retirada ocorre a partir da troca de água, com liberação de efluentes em corpos d'água. Por ser um elemento limitante no meio, o fósforo pode aumentar as chances de eutrofização. Portanto, o uso de macroalgas para biofiltração auxilia nessa retirada de ortofosfato do sistema sem que ocorra a troca de água (SILVA, 2009).



(a)



(b)

Gráfico 5. Concentração de ortofosfato inicial e nas quatro semanas de cultivo, no tratamento com algas e no controle, durante o experimento 1(a) e experimento 2(b). Letras minúsculas e maiúsculas diferentes nas colunas indicam diferença estatisticamente significativa no ortofosfato do efluente em relação ao tratamento com algas e o controle, respectivamente, segundo o teste *a posteriori* de Tukey HSD ao nível de significância de 0,05. O asterisco indica diferença estatisticamente significativa na concentração de ortofosfato entre o sistema com e sem algas dentro de cada semana de cultivo.

6 CONCLUSÃO

A alga *Pterocladia beachiae* consegue sobreviver em ambientes com alto nível de nutrientes e turbidez. De uma forma geral, a eficiência de remoção da alga tornou-se semelhante ao controle, com exceção das concentrações de ortofosfato que se mantiveram abaixo no tratamento com algas comparadas ao controle. Portanto, essa espécie não mostrou um ótimo desempenho na remoção dos nutrientes analisados.

Em relação a sua biomassa durante o experimento, mesmo ocorrendo uma taxa de crescimento relativo negativa, a alga ainda realizou uma remoção significativa dos nutrientes em determinadas semanas, em comparação ao controle.

A adoção de novas estratégias como, um sistema experimental maior e a retirada eficiente de epífitas e organismos que exerçam herbivoria na alga, devem ser adotadas para melhores conclusões sobre o crescimento dessa espécie.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abreu, L. S. D. (2013). Remoção de nitrogênio de efluentes industriais e novas alternativas de tratamento.

ALENCAR, Jefferson Rosano de et al. Cultivo da macroalga *Ulva lactuca* Linneaus (Chlorophyta) integrado à produção do camarão branco do Pacífico, *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931), para tratamento de efluentes em sistema fechado de recirculação. 2013.

ALENCAR, J. R.; JÚNIOR, Horta; CELINO, Joil José. Cultivo de Camarão Branco *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) com a Macro-alga *Ulva Lacuata* Linneaus (Chlorophyta) no Tratamento de Efluentes em Sistema Fechado de Recirculação. 2010.

ARAÚJO LOURENÇO, Jullyermes et al. Influência de diferentes dietas no desenvolvimento do camarão *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) em berçários intensivos. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v. 31, n. 1, 2009.

BAUMGARTEN, M.G.Z., ROCHA, J.M.B., NIENCHESKI, L.F. Manual de análises em Oceanografia Química. Porto Alegre: Ed FURG/Pallotti, 1996. 142 p

Boaventura, R., Pedro, A. M., Coimbra, J., & Lencastre, E. (1997). Trout farm effluents: characterization and impact on the receiving streams. *Environmental Pollution*, 95(3), 379-387.

Camargo, J. A. (1992). Temporal and spatial variations in dominance, diversity and biotic indices along a limestone stream receiving a trout farm effluent. *Water, Air, and Soil Pollution*, 63(3-4), 343-359.

CARNEIRO, Marcella Araújo do Amaral. Estudo do crescimento, eficiência de biofiltração e cinética de absorção de nutrientes (N-NH, N-NO e P-PO₄³⁻) da macroalga

Gracilaria cervicornis (Turner) J. Agardh. 2007. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

DE CASABIANCA, M.-L.; LAUGIER, T.; COLLART, D. Impact of shellfish farming eutrophication on benthic macrophyte communities in the Thau lagoon, France. *Aquaculture International*, v. 5, n. 4, p. 301-314, 1997.

CAVALLI, Ronaldo Olivera et al. Desempenho de pós-larvas do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* alimentadas com diferentes frequências durante a fase de berçário. 2008.

CAVALCANTI, Lourinaldo Barreto. Variações das condições hidrológicas e da clorofila *a* associadas ao cultivo do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931), na região estuarina do rio Paraíba do Norte (Paraíba Brasil). 2003.

CORREIA, Monica Dorigo; SOVIERZOSKI, Hilda Helena. Ecossistemas Marinhos: recifes, praias e manguezais. Maceió: Edufal, 2005.

COSTA, Vanessa Macedo Freire da. Utilização da macroalga *Ulva lactuca* linnaeus na redução de nutrientes (NH₄⁺, NO₃⁻ e PO₄⁻²) provenientes da carcinicultura. 2006. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

CUNHA, Cailiny Darley et al. Infiltração rápida para disposição de esgoto doméstico no solo: estudo em escala laboratorial. 2003.

DE NEGREIROS, Luiza Maria Saraiva; SANTOS, Daniele Bezerra. Doenças microbianas na carcinicultura brasileira: Uma revisão. *CARPE DIEM: Revista Cultural e Científica do UNIFACEX*, v. 13, n. 1, p. 107-124, 2015.

DE OLIVEIRA, Rafael C. O panorama da aquíicultura no Brasil: a prática com foco na sustentabilidade. *Revista INTERTOX de toxicologia, risco ambiental e sociedade*, v. 2, n. 1, 2015.

DO AMARAL CARNEIRO-PÓS, Marcella Araújo; AQUÁTICA-UFRN, Graduação Em Bioecologia; CASTELO, DOL Dinaelza. Efeito de variáveis ambientais sobre o desenvolvimento da macroalga *Gracilaria cervicornis* em cultivo integrado com camarão. 2005.

EATON, A.D. et al. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22 ed. Washington: American Public Health Association, 2012

EMERENCIANO, Maurício Gustavo Coelho et al. Crescimento e sobrevivência do camarão-rosa (*Farfantepenaeus paulensis*) na fase de berçário em meio heterotrófico. 2007.

FAO. 2018. The state of World Fisheries and Aquaculture. Disponível em: <http://www.fao.org> . Acesso em 04/11/2018

FERREIRA, Eduardo S. I-121-CINÉTICA QUÍMICA E FUNDAMENTOS DOS PROCESSOS DE NITRIFICAÇÃO E DENITRIFICAÇÃO BIOLÓGICA. 2000.

FERREIRA, Fernanda Medeiros et al. Avaliação da taxa de crescimento e absorção de nutrientes da macroalga *Ulva lactuca* cultivada in vitro com água de cultivo de bioflocos. 2017.

FREIRE, Alexandra Rafaela da Silva. Estudo comparativo de dois tipos de cultivo: monocultivo (camarões) versus cultivo integrado (algas/camarões). 2007. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Henry-Silva, G. G., & Camargo, A. F. M. (2008). Impacto das atividades de aquíicultura e sistemas de tratamento de efluentes com macrófitas aquáticas-relato de caso. Boletim do Instituto de Pesca, 34(1), 163-173.

IHA, Cíntia. Diversidade de Gelidiales (Rhodophyta) baseada em marcadores moleculares e estudos morfoanatômicos para região Sudeste do Brasil. 2014. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

ISAAC, Victoria Judith et al. A pesca marinha e estuarina do Brasil no início do século XXI: recursos, tecnologias, aspectos socioeconômicos e institucionais. Belém: UFPA, 2006.

LEE, Robert Edward. Phycology. Cambridge university press, 2018.

MACEDO, Carla Fernandes; SIPAUBA-TAVARES, Lucia H. Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: consequências e recomendações. Boletim do Instituto de Pesca, v. 36, n. 2, p. 149-163, 2010.

MARINS, Rozane Valente; DE PAULA FILHO, Francisco José; ROCHA, Carlos Artur Sobreira. Geoquímica de fósforo como indicadora da qualidade ambiental e dos processos estuarinos do rio Jaguaribe-Costa nordeste oriental brasileira. Química Nova, v. 30, n. 5, p. 1208, 2007.

MELO FILHO, Marcos Estevão Santiago de et al. Aplicação dos processos de nitrificação e desnitrificação em um sistema de reuso direto planejado da água para cultivo superintensivo de camarão marinho. 2013.

NATORI, Mariene Miyoko et al. Desenvolvimento da carcinicultura marinha no Brasil e no mundo: avanços tecnológicos e desafios. Informações econômicas, v. 41, n. 2, p. 61-73, 2011.

NOGUEIRA, Mayra. Estudo da Qualidade dos efluentes gerados em diferentes fases do cultivo do camarão-da-amazônia *Macrobrachium amazonicum*. 2008.

NUNES, Sdena Oliveira. Efeito dos nutrientes (nitrogênio e fósforo) sobre o desenvolvimento da *Gracilaria birdiae*: crescimento e possível uso como biofiltro. 2006. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

PENTEADO, José Mario de Aquino. Análise da produtividade e viabilidade econômica de quatro sistemas de berçários do camarão-da-Amazônia, *Macrobrachium amazonicum*. 2012.

PIRES, Clóvis Murilo et al. Aproveitamento do efluente da carcinicultura de *Litopenaeus vannamei* em sistema bioflocos pela macroalga *Kappaphycus alvarezii*. 2017.

RAPOSO, Diogo Manuel Trindade. Avaliação do desempenho do camarão *Litopenaeus vannamei* e das macroalgas *Gracilaria birdiae* e *Ulva fasciata* num sistema de cultivo multitrófico integrado. 2013. Tese de Doutorado. ISA.

REIS, RENATA PERPÉTUO et al. Cultivo de algas vermelha de interesse comercial na Ilha da Marambaia, Rio de Janeiro, Brasil. Museu Nacional Série Livros, v. 10, p. 287-300, 2005.

SANTOS, Tereza Cristina Paiva dos. Avaliação de desempenho da *Anomalocardia brasiliana* e *Gracilaria sp.* como biofiltros de efluente de camarão. 2009.

SCORVO FILHO, João Donato. O agronegócio da aqüicultura: perspectivas e tendências. Texto apresentado no Zootec, 2004.

SILVA, Mariana Silveira Guerra Moura e Silva; LOSEKANN, Marcos Eliseu; HISANO, Hamilton. Aquicultura: manejo e aproveitamento de efluentes. Embrapa Meio Ambiente-Documents (INFOTECA-E), 2013.

SILVA, Robson Liberal da et al. Utilização de macroalgas marinhas arribadas em dietas para o camarão *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). 2005.

SILVA, Ugo Lima et al. Influência do melaço no cultivo intensivo do camarão *Litopenaeus vannamei* na fase berçário sem renovação de água com diferentes relações carbono/nitrogênio. 2008.

SILVA, Kassio Rios da. Dinâmica do nitrogênio e do fósforo no cultivo super-intensivo dos camarões *Litopenaeus vannamei* e *Farfantepenaeus paulensis* sem renovação de água. 2009. Dissertação de Mestrado.

SPONCHIADO, Dircelei. Alterações histológicas nas brânquias do camarão-da-amazônia *Macrobrachium amazonicum* submetidos a diferentes concentrações de amônia total. 2016.

Tancredo, K. R., Nobrega, R. O., Dias, T., & Lapa, K. R. (2011). Impactos ambientais da carcinicultura brasileira. In 3rd International Workshop| Advances in Cleaner Production. São Paulo,. Disponível em:< [http://www. advancesincleanerproduction. net/t hird/files/sessoes A \(Vol. 6\).](http://www.advancesincleanerproduction.net/t hird/files/sessoes A (Vol. 6).)

VERAS, D. R. A. Moluscos associados a macroalga *Pterocladia caerulescens* (Rhodophyta, Pterocladaceae) na zona entremarés da praia da Pedra Rachada, Paracuru, Ceará, Nordeste do Brasil. 2011. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará, Ceará.

WASIELESKY, Wilson et al. Cultivo de camarões em sistema de bioflocos: realidades e perspectivas. Rev. ABCC, v. 15, n. 2, p. 30-36, 2013.

ZOPPAS, Fernanda Miranda; BERNARDES, Andrea Moura; MENEGUZZI, Álvaro. Parâmetros operacionais na remoção biológica de nitrogênio de águas por nitrificação e desnitrificação simultânea. Bio: revista de engenharia sanitária. Rio de Janeiro. Vol. 21, n. 1 (jan./mar. 2016), p. 29-42, 2016.

