

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PESCA
CURSO DE ENGENHARIA DE PESCA

JOÃO HENRIQUE CAVALCANTE BEZERRA

**BIORREMEDIAÇÃO DO EFLUENTE PROVENIENTE DA CARCINICULTURA POR
MICROALGAS**

FORTALEZA

2011

BIORREMEDIAÇÃO DO EFLUENTE PROVENIENTE DA CARCINICULTURA POR MICROALGAS

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia de Pesca do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como parte das exigências para a obtenção do título de Engenheiro de Pesca.

Área de concentração: Biotecnologia

ORIENTADOR: Prof. Dr. Wladimir Ronald

Lobo Farias.

FORTALEZA

2011

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

B469b Bezerra, João Henrique Cavalcante.
Biorremediação do efluente proveniente da carcinicultura por microalgas / João Henrique Cavalcante Bezerra. – 2011.
28 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Engenharia de Pesca, Fortaleza, 2011.
Orientação: Prof. Dr. Wladimir Ronald Lobo Farias.

1. Microalgas. 2. Efluente de carcinicultura. 3. Taxa de redução da amônia . I. Título.

CDD 639.2

**BIORREMEDIAÇÃO DO EFLUENTE PROVENIENTE DA CARCINICULTURA POR
MICROALGAS**

Monografia submetida à Coordenação do Curso de Graduação em 2011, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro de Pesca na área de concentração em Biotecnologia.

A transcrição de qualquer trecho desta monografia é permitida, desde que seja realizada de acordo com as normas da ética científica.

APROVADA EM ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA



PROF. DR. WLADIMIR RONALD LOBO FARIAS (ORIENTADOR)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ – UFC

Msc. RENATO TEIXEIRA MOREIRA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ – UFC

Msc. ANDERSON ALAN DA CRUZ COELHO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ – UFC

Dedico esse trabalho de pesquisa aos meus pais,
João Bezerra e Maria Eunice Cavalcante Bezerra
e às minhas irmãs Rosalívia, Roselânia e Roseane.

AGRADECIMENTOS

A DEUS, pois nada podemos fazer sem o seu apoio.

Ao meu Prof. Dr. Wladimir Farias, por toda sua dedicação ao laboratório de pesquisa, pela transmissão de conhecimentos e pela sua amizade.

Aos amigos do Grupo de Estudo e Pesquisa em Microalgas - GP EM Glácio, Alan, Renato, Ronaldo, William, Nara, Tamyres, Diana, Pedro, Rafael Lustosa, Jeffersson, Júnior Sousa, Plácido, Farley, Tidy e Luís Paulo. Aos meus amigos da faculdade, Renata, Rômulo, Arthur, Fernando, Guilherme, Fernanda a “equipe Lost” Vitor, Mirgon, Caio, Ulisses, Eloim, Matheus, Ribeiro, Felipe (Bocão), Ítalo (Lorão), Ícaro, André, Samuel, Virna. Aos meus grandes amigos que estão comigo deste a época do colégio Nayla, Karine, Cherllany, Mayara, Daniele, Diego, Luiz Henrique, aos funcionários do departamento Klinger, Gonzaga, Afonso, Sidcleyton. Aos professores do departamento Alexandre, Moisés, Calíope, Celso, Tito, Manuel.

A minha grande amiga Taynar por ter sido a minha companheira durante os momentos bons e ruins.

Não viva para que a sua presença seja notada,
mas para que a sua falta seja sentida.

Bob Marley

RESUMO

Como toda prática de cultivo intensivo causa impactos, a carcinicultura tem gerado vários impactos ambientais, maior parte dos empreendimentos voltados a essa atividade não utilizar um manejo adequado para seus efluentes. O objetivo deste trabalho foi cultivar as microalgas *Nannochloropsis oculata*, *Phaedactylum tricorutum* e *Spirulina platensis* em um efluente da carcinicultura e avaliar a taxa de redução da amônia presente na água, dessa forma encontrar uma alternativa para redução de impactos ambientais em corpos receptores de água. Foram realizados três tratamentos com quatro repetições, nos quais as microalgas foram cultivadas em efluente de carcinicultura ricos em amônia. Foram observada taxas de redução de amônia de 97.98 ± 0.55 , $96,9 \pm 0,02$ e $97.37 \pm 1.85\%$ para *N. oculata*, *P. tricorutum*, *S. platensis* respectivamente.

LISTA DE TABELAS

TABELAS		PÁG
TABELA 1	Composição do meio de cultivo Guillard f/2.	15
TABELA 2	Composição do meio de cultivo Jordan	16
TABELA 3	Taxas de crescimento (divisões dia ⁻¹) e concentração de amônia no final dos cultivos das microalgas <i>P. tricornutum</i> , <i>S. platensis</i> e <i>N. oculata</i> em efluente de carcinicultura.	22

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DO_{680nm}	Densidade óptica a 680 nanômetros
DO_{700nm}	Densidade óptica a 700 nanômetros
DC	Densidade celular

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 MATERIAL E MÉTODOS	15
2.1 Obtenção do efluente e das microalgas	15
2.2 Cultivo das microalgas	16
2.3. Acompanhamento do desenvolvimento das culturas	17
2.4. Determinação da concentração de amônia	17
2.5 Análises estatísticas	18
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	19
3.1. Correlação entre densidade óptica e densidade celular	19
3.2. Curvas de crescimento e concentração de amônia	20
4 CONCLUSÕES	24
REFERÊNCIAS	25

1 INTRODUÇÃO

A água doce é um insumo para muitos usos como fornecimento urbano, geração de energia, irrigação, navegação, aquicultura e harmonia paisagística. Devido a essa demanda, existe uma grande preocupação, em todo o mundo, com a redução anual do volume de água doce dos reservatórios (MORAES, 2002).

O declínio dos estoques pesqueiros naturais e o aumento da demanda mundial do consumo de pescado fizeram com que a aquicultura se tornasse uma das principais alternativas para suprir a necessidade do ser humano por esse tipo de alimento (CAMARGO; POUHEY, 2005).

Atualmente a aquicultura é uma das atividades com maior representatividade na produção de proteína de origem animal a nível mundial (BEZERRA, *et al* 2008), com um crescimento médio anual de 8,3% em 2008, sendo responsável por 45,7% de toda a oferta de pescado destinada à alimentação humana. A FAO estima que em 2020 mais de 50% da produção de pescado será oriundo da aquicultura (FAO, 2010).

Dentre os vários ramos da aquicultura, a carcinicultura é a atividade que corresponde à criação de crustáceos, com um maior destaque para a produção de camarões em tanques escavados em ecossistemas estuarinos (MELLO, 2007).

Nos anos 90, o camarão *Litopenaeus vannamei*, foi introduzido no nordeste brasileiro, onde seu cultivo se expandiu aumentando, sobretudo, a produção para o mercado externo (DEMETRIUS, 2008). No período de 1998 a 2003, a carcinicultura brasileira cresceu em ritmo acelerado com taxas de 60% ao ano, atingindo a produção de 90.190 toneladas em 2003 (SANCHES; PANNUTI; SEBASTIANI, 2008). Segundo a FAO (2009), a carcinicultura marinha foi à atividade que mais gerou renda em relação a outros cultivos, correspondendo a 15,4% da renda total gerada pela produção de pescado.

Como toda prática de cultivo intensivo causa impacto, a carcinicultura tem gerado vários impactos ambientais alertando a sociedade quanto a sustentabilidade desta atividade (JONES *et al.*, 2002). Tais impactos acontecem devido a maior parte dos empreendimentos voltados à atividade não utilizar um manejo adequado para seus efluentes. O monitoramento,

quando existe, não passa de um acompanhamento da qualidade de água utilizada e descartada pelos cultivos (GURJÃO *et al.*, 2004).

A eficiência dos cultivos de organismos aquáticos esta intimamente relacionada com a qualidade da água utilizada e a contaminação dos corpos hídricos pelos efluentes poderá resultar em um rápido declínio da atividade (OSTRENSKY *et al.*, 2000).

De acordo com CHUA *et al.* (1989) e HOPKINS *et al.* (1995), as fazendas de camarão em Bangkok capital da Tailândia são responsáveis por despejarem aproximadamente 1500 t de nitrogênio e 146 t de fósforo nos ecossistemas estuarinos por ano.

Os efluentes oriundos da atividade aquícola apresentam concentrações mais altas de nutrientes dissolvidos e partículas em suspensão quando comparados com a água de abastecimento (MCINTOSH; FITZSIMMONS, 2003).

Segundo Guimarães (2008), dos nutrientes fornecidos na alimentação de organismos aquáticos em forma de ração, 60% do nitrogênio e 11% do fósforo são perdidos na água através das excretas dos camarões e pela decomposição da ração não consumida. O mesmo autor evidencia que o tratamento dos efluentes da aquicultura pode ser realizado com organismos biorremediadores, principalmente animais filtradores e organismos fotossintetizantes. O tratamento desses efluentes é considerado o primeiro passo para a proteção dos recursos hídricos e a preservação ambiental faz parte, atualmente, dos sistemas de produção da aquicultura moderna (VALENTI, 2000).

As microalgas englobam microorganismos que possuem clorofila e outros pigmentos fotossintéticos (RAVEN *et al.*, 2001) e, de acordo com Ohse *et al.* (2007), já são conhecidas, aproximadamente, mais de 100.000 espécies de microalgas. Esses organismos microscópicos podem ser divididos em dois grupos de acordo com a estrutura celular, os procarióticos e os eucarióticos. As microalgas podem ser unicelulares, coloniais ou filamentosos e possuem um eficiente maquinário fotossintético (OLAIZOLA, 2003), podendo ser encontradas no meio marinho, em água doce e no solo. Juntamente com as macroalgas, as microalgas são responsáveis por cerca de 60% da produção primária do planeta (COÊLHO, 2009) e caracterizam-se pelas altas taxas de crescimento e adaptabilidade.

O crescimento dos estudos com microalgas se deve às suas diversas aplicações comerciais em várias áreas como na nutrição, na saúde humana e animal, no tratamento de águas

residuais, na produção de energia e na obtenção de compostos de interesse das indústrias alimentar, química e farmacêutica (GROBBELAAR, 2004; RICHMOND, 2004).

A utilização das microalgas no tratamento de efluentes é conhecida como fitorremediação e essa prática é utilizada para remoção de compostos como nitrogênio e fósforo que podem causar eutrofização nos corpos hídricos receptores. Além disso, são também capazes de remover metais pesados incorporando-os na parede celular (YAN; PAN, 2002), além de alguns compostos orgânicos tóxicos como fenóis e clorofenóis (HIROOKA *et al.*, 2003; LIMA *et al.* 2004). A biomassa gerada pelos cultivos das microalgas como fitorremediadoras pode servir como fonte de matéria-prima para distintos fins (DE LA NOUE, PROULX, 1988).

Nos efluentes provenientes da aquicultura há a predominância de nitrogênio na forma amoniacal (LOURENÇO, 2006) e, segundo MAESTRINI; ROBERT (1981), essa é a forma preferencialmente assimilada pelas microalgas, já que quando esse elemento encontra-se em sua forma oxidada sua assimilação é reduzida.

É importante sempre avaliar o desenvolvimento e a composição bioquímica das microalgas, pois esses fatores são influenciados pelo tipo de meio e condições abióticas empregadas nos cultivos (DERNER, 2006).

Segundo Hernandez *et al.* (2009), após a inoculação de uma microalga em meio de cultura enriquecido com nutrientes ocorre o crescimento populacional ao longo do tempo que, geralmente, apresenta uma curva com cinco fases distintas (Figura 01).

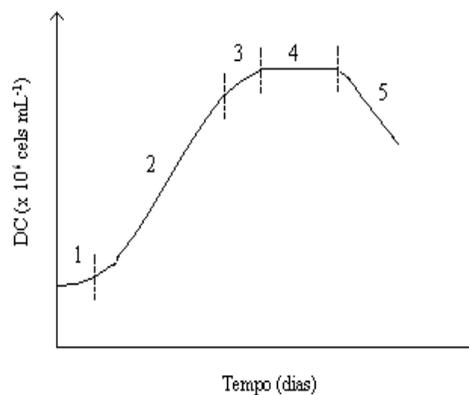


Figura 01. Curva de crescimento típica de uma população de microalgas expressa em densidade celular por dia de cultivo.

Na primeira fase, praticamente não ocorre aumento populacional devido à adaptação das células ao novo ambiente de cultivo. Na segunda fase, as células já estão adaptadas ao novo meio e, com isso, ocorre um incremento exponencial da população algal. A terceira fase é a de desaceleração de crescimento, na qual a depleção dos nutrientes diminui a taxa de crescimento específica. Em seguida, com uma maior redução de nutrientes e aumento de metabólitos no meio, a taxa de crescimento se iguala à taxa de mortalidade, mantendo a população constante por um determinado período, caracterizada como a fase estacionária do cultivo. Finalmente, com o completo esgotamento dos nutrientes, grande quantidade de metabólitos e autólise celular, o cultivo entra na fase de morte, resultando em uma significativa redução da população algal.

O objetivo deste trabalho foi cultivar as microalgas *Nannochloropsis oculata*, *Phaedactylum tricornutum* e *Spirulina platensis* em um efluente da carcinicultura e avaliar a taxa de redução da amônia presente na água.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção do efluente e das microalgas

O efluente utilizado como meio de cultura foi oriundo de uma fazenda de produção de camarão localizada no município de Aracati-CE e, posteriormente transportado para o Centro de Biotecnologia Aplicada a Aquicultura (CEBIAQUA) –DEP/CCA/UFC, foi esterilizado, juntamente com as vidrarias utilizadas no experimento, em autoclave a uma temperatura de 120 °C e pressão de 1 kgf cm⁻², para diminuir qualquer contaminação dos cultivos.

As microalgas *N. oculata*, *P. tricornutum* e *S. platensis* foram obtidas no cepário do laboratório de Planctologia do Departamento de Engenharia de Pesca (DEP) da Universidade Federal do Ceará (UFC), onde as duas primeiras são mantidas em meio Guillard f/2 (GUILLARD, 1975), enquanto a espécie *S. platensis* é mantida em meio Jordan (Tabelas 01 e 02).

Tabela 01 - Composição do meio de cultivo Guillard f/2

Soluções	Reagentes	Solução estoque (mg L ⁻¹)	Quantidade para 1 L de meio de cultura (mL)
1	Nitrato de sódio	75,0	1,0
2	Fosfato de sódio	5,0	1,0
3	Silicato de sódio	12,0	1,0
	Sulfato cúprico	9,8	
	Sulfato de zinco	22,0	
4	Cloreto de magnésio	10,0	1,0
	Molibdato de sódio	6,3	
	Cloreto de ferro	3,0	
	Na ₂ EDTA 2H ₂ O	4,6	
5	Vitaminas*	-	0,5

* A solução estoque de vitaminas foi preparada em 50 mL de água destilada.

Tabela 02 - Composição do meio de cultivo Jourdan (JOURDAN, 2001)

Solução	Reagentes	Solução estoque (g L ⁻¹)	Quantidade (mL L ⁻¹)
1	Uréia	7	10
	Sulfato de magnésio	20	
	Sulfato ferroso	0,5	
	Sulfato de potássio	100	
	Fosfato de amônio	10	
	Nitrato de potássio	200	
2	Cloreto de sódio	50	10
3	Bicarbonato de sódio	80	10

2.2 Cultivo das microalgas

As cepas das três microalgas foram cultivadas em seus respectivos meios químicos até um volume de 50 mL. Em seguida, esse volume foi gradativamente aumentado, durante cinco dias, com o efluente da carcinicultura para a obtenção de novos inóculos das microalgas já adaptadas ao meio de cultivo orgânico.

Após a devida adaptação das cepas ao efluente da carcinicultura, 40 mL de cada inóculo foram transferidos para recipientes de 500 mL, contendo 360 mL do efluente da carcinicultura. A partir desse momento, o volume das culturas foi mantido constante, caracterizando um cultivo do tipo estacionário (LOURENÇO, 2006).

Os cultivos foram realizados com quatro repetições e as condições abióticas como temperatura e intensidade luminosa foram mantidas constantes em 28 ± 1 °C e $20 \mu\text{E m}^{-2} \text{S}^{-1}$, respectivamente. A salinidade foi mantida em 20 para os cultivos de *N. oculata* e *S. platensis*, enquanto para *P. tricornutum* foi utilizada a salinidade 30.

2.3. Acompanhamento do desenvolvimento das culturas

O acompanhamento do crescimento populacional das microalgas foi realizado, diariamente, através da contagem celular (DC) em amostras de 25 mL de cada cultivo, utilizando uma câmara de Neubauer (hemocitômetro) e por espectrofotometria a 680 nm para *N. oculata* e *S. platensis* e a 700 nm para *P. tricornutum*, devido aos distintos picos de absorção. Os dados obtidos foram inicialmente utilizados para determinar a correlação linear entre as duas variáveis e, posteriormente, foram obtidas as equações de regressão linear para cada cultura. A partir dessas equações foram construídas as curvas de crescimento de cada espécie e também determinadas suas taxas de crescimento diário (divisões dia⁻¹) de acordo com Lourenço (2006).

$$K = \log_2 (N_f / N_0) / Dt,$$

Onde:

K – taxa de crescimento (divisões dia⁻¹),

N₀ e N_f – DO no início e no dia em que o cultivo obteve a máxima concentração celular, respectivamente.

Dt – tempo de cultivo em dias.

2.4. Determinação da concentração de amônia

A determinação de amônia nos meios de cultura foi realizada pelo método de Nessler. Para isso, foram coletadas amostras de 25 mL e centrifugadas a 3.000 x g por 5 min para a separação das microalgas do meio de cultivo. Em seguida, foram adicionadas três gotas de álcool polivinil, uma gota de estabilizante mineral por parte de sal e as amostras foram agitadas para a completa homogeneização da mistura. Finalmente, foi adicionado 1 mL do reagente de Nessler em cada amostra e, após 1 min de reação, a mistura foi levada a um espectrofotômetro de leitura direta HACH 2000 para a leitura da absorbância a 425 nm. As determinações foram realizadas

em três momentos do cultivo, no início, na fase de crescimento exponencial e na fase estacionária, sendo os valores expressos em mg L^{-1} .

2.5 Análises estatísticas

Os resultados de densidade celular máxima, taxas de crescimento e da taxa de remoção dos compostos nitrogenados nas diferentes microalgas em efluente proveniente da carcinicultura foram submetidos à análises de variância (ANOVA) simples ($P < 0,05$) e no caso de diferenças significativas, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Correlação entre densidade óptica e densidade celular

Como os dados das variáveis, densidade óptica (DO) e densidade celular (DC) observou-se uma alta correlação linear positiva, cujos coeficientes de determinação (R^2) foram de 0.929, 0.982 e 0.902 para as espécies *P. tricornutum*, *S. platensis* e *N. oculata*, respectivamente. O que permitiu a obtenção das equações de regressão linear entre as duas variáveis para cada cultura (Figura 02).

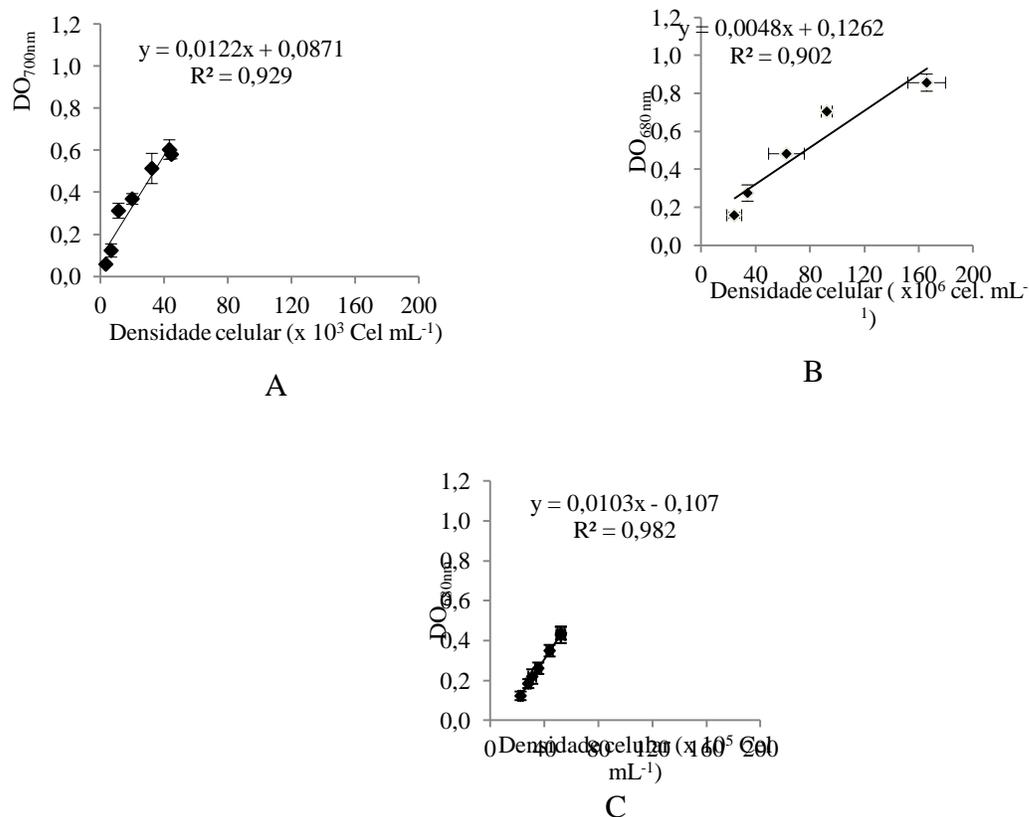


Figura 02 – Correlação linear entre densidade óptica (DO) e densidade celular das culturas das microalgas *P. tricornutum* (A), *N. oculata* (B) e *S. platensis* (C), com suas respectivas equações de regressão linear e coeficientes de determinação (R^2). Cada ponto representa a média de quatro repetições.

3.2. Curvas de crescimento e concentração de amônia

Com relação à concentração de amônia durante os cultivos, foi observado um comportamento inversamente proporcional, ou seja, na medida em que ocorreu um aumento na população de microalgas ocorreu uma diminuição na concentração de amônia (Figuras 03).

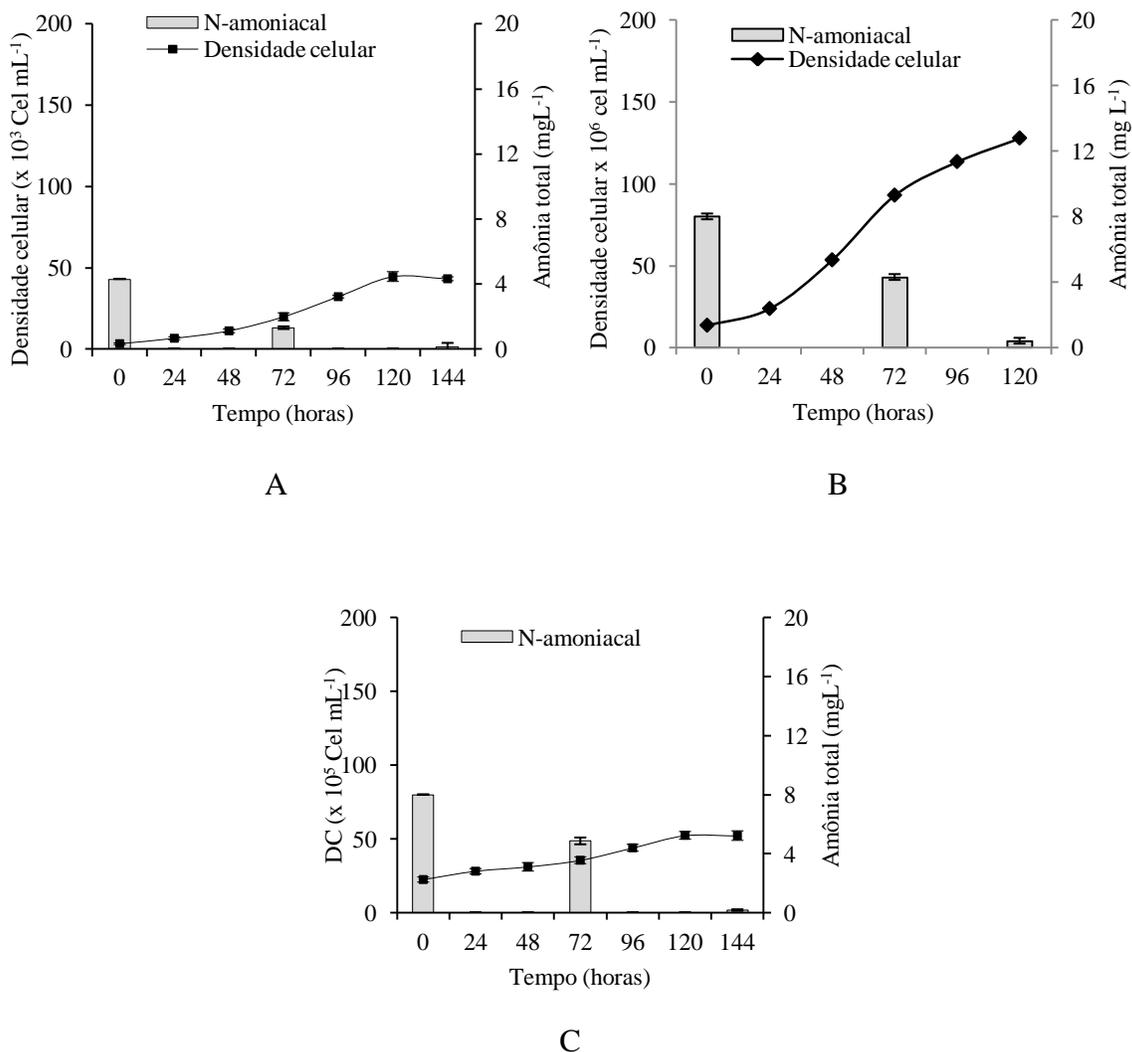


Figura 03 – Curvas de crescimento (linhas) e depleção de amônia (colunas) obtidas nos cultivos das microalgas *P. tricornutum* (A), *N. oculata* (B) e *S. platensis* (C). Cada ponto representa a média de quatro repetições \pm desvio padrão.

As curvas de crescimento das microalgas *P. tricornutum* e *N. oculata* apresentaram uma fase de indução que teve uma duração de aproximadamente 48 horas (Figura 3A e 3B), seguida da fase exponencial de crescimento que foi bem mais acentuada para *P. tricornutum* (Figura 3A). Após 120 horas de cultivo, as duas espécies entraram na fase de redução do crescimento relativo, atingindo a fase estacionária em torno de 144 horas de cultivo (Figura 3A e 3C). Já a espécie *N. oculata* apresentou uma fase de indução mais reduzida com apenas 24 horas de duração e, logo em seguida, entrou na fase de crescimento exponencial que durou até as 72 horas de cultivo. A partir desse período, a espécie começou a reduzir seu crescimento relativo, atingindo a fase estacionária com 120 horas de cultivo (Figura 3B).

As três espécies de microalgas utilizadas nesse trabalho foram capazes de reduzir, em média, 97,4% da amônia existente no efluente de carcinicultura no final do experimento (Tabela 3), evidenciando o elevado potencial que possuem como mitigadoras dos potenciais impactos ambientais causados por estes efluentes.

Silva (2006) utilizou a microalga *Chlorella vulgaris* na fitorremediação de um efluente hidropônico e observaram uma redução de 82,18% na amônia, já no trabalho de Méndez (2003) com a mesma microalga, sendo cultivada em um efluente doméstico apontou uma remoção de 69,82% do referido nutriente, ambos inferiores ao presente trabalho.

Soares (2000) avaliou a remoção de amônia ou nitratos no meio de cultura pela microalga *Phaeodactylum tricornutum* e observaram uma redução média de 90% tanto para meios definidos como para um efluente piscícola. Esses valores de remoção de amônia por esta espécie foram semelhantes aos encontrados no trabalho de Craggs *et al.* (1997).

Chuntapa, Powtongsook e Menasveta (2003) mostraram que a microalga *Spirulina platensis* foi capaz de melhorar a qualidade da água de um cultivo integrado com camarões, reduzindo significativamente os níveis dos compostos nitrogenados como a amônia, nitratos e nitritos. Quando a mesma microalga foi utilizada em um cultivo integrado com tilápias também foi capaz de reduzir significativamente os níveis destes compostos nitrogenados (MESSIAS; COSTA, 2009).

Porém a utilização de microalgas isoladas da própria água residual pode resultar em uma maior eficiência na remoção de nutrientes quando comparadas às espécies exóticas como as utilizadas no presente trabalho (JIMÉNEZ-PÉREZ *et al.*, 2004).

Resultados obtidos em estudos realizados com uma macroalga do gênero *Gracilaria* evidenciaram que foi possível remover 80% do total de nitrogênio produzido por uma fazenda de cultivo do salmão (BUSHMANN et al., 2008; ABREU *et al.*, 2009).

Redding, Todd, Midlen (1997) utilizaram macrófitas aquáticas no tratamento de efluentes piscícolas e encontraram uma redução de amônia de 4,3% por *Azolla filiculoides*, 8,2% por *Elodeanuttalli* e 10,7% por *Rorippa nasturtiumaquaticum*. Já Henry-Silva e Camargo (2008) observaram uma remoção de 34,7% da amônia, após o tratamento de efluentes provenientes de uma piscicultura com a macrófita aquática *Pistia stratiotes*.

Com relação às taxas de crescimento, a espécie *P. tricornutum* se destacou com a maior taxa em torno de 0,61 divisões dia⁻¹, seguida da 0,37 divisões dia⁻¹ apresentada por *N. oculata* e a menor taxa foi obtida na cultura de *S. platensis* com aproximadamente 0,32 divisões dia⁻¹ (Tabela 03)

Tabela 03. Taxas de crescimento e concentração de amônia no final dos cultivos das microalgas *P. tricornutum*, *S. platensis* e *N. oculata* em efluente de carcinicultura.

Microalgas	Concentração celular (DO)	Taxa de crescimento (divisões dia ⁻¹)	Redução de amônia (%)
<i>P. tricornutum</i>	0,603±0,05 ^b	0,61± 0,03 ^a	96,9 ± 0,02 ^a
<i>S. platensis</i>	0,436±0,03 ^c	0,32 ± 0,06 ^b	97,37 ± 1,85 ^a
<i>N. oculata</i>	0,815±0,16 ^a	0,37 ± 0,10 ^b	97,87 ± 0,55 ^a

Autores como Gris (2011), Spolaore *et al.* (2006) e Converti *et al.* (2009) encontraram para *Nannochloropsis* sp taxas de crescimento de 0,562, 0,862 e 0,130 divisões d⁻¹ respectivamente quando cultivada em meio f/2. As taxas de crescimento da espécie *Spirulina maxima* cultivada sob diferentes velocidades de movimentação do meio foram de 0,077, 0,150, 0,161, 0,183 e 0,207 divisões d⁻¹ para as velocidades de 0, 100, 200, 300 e 400 rpm, respectivamente (SERENOTTI, 2004)

Segundo Soares (2000) a forma de nitrogênio encontrado no meio de cultura é a variável que mais influencia a cinética de crescimento das microalgas. A autora trabalhou com a microalga *P. tricornutum* e encontraram taxas de crescimento de 0,71± 0 divisões d⁻¹ em meio

Fabregas, e de $0,13 \pm 0,01$ divisões d^{-1} em meio Guillard. Por outro lado, quando foram utilizados efluentes de piscicultura com e sem correção da concentração de amônia, encontrou taxas de crescimento de $0,14 \pm 0,01$ e $0,12 \pm 0,01$ divisões d^{-1} , respectivamente.

4 CONCLUSÕES

Com a realização do presente trabalho, podemos concluir que as microalgas utilizadas se adaptaram perfeitamente ao cultivo no efluente da carcinicultura e foram capazes de reduzir a maior parte da amônia presente no referido efluente. Dessa forma, essas espécies podem vir a ser utilizadas na mitigação dos impactos negativos da aquicultura intensiva.

REFERÊNCIAS

ABREU, M.L., VARELA, D.A., HENRÍQUEZ, L., VILLARROEL, A., YARISH, C., SOUSA-PINTO, I., BUSCHMANN, A.H. Traditional vs. integrated multi-trophic aquaculture of *Gracilaria chilensis* C.J. Bird J. McLachlan & E.C. Oliveira: productivity and physiological performance. **Aquaculture** v. 293, n. 3-4, p. 211–220. 2009.

BEZERRA, K. S.; SANTOS, A. J. G.; LEITE, M. R.; SILVA, A. M.; LIMA, M. R. Crescimento e sobrevivência da tilápia chitralada submetida a diferentes fotoperíodos. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.43, n.6, p.737-743, 2008.

BUSCHMANN, A.H., VARELA, D.A., HERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, M.C., HUOVINEN, P. Opportunities and challenges for the development of an integrated seaweedbased aquaculture activity in Chile: determining the physiological capabilities of *Macrocystis* and *Gracilaria* as biofilters. **Journal of Applied Phycology** v. 20, n. 5, p. 571–577. 2008.

CAMARGO, S. G. O.; POUHEY, J. L. O. F. Aquicultura - um mercado em expansão. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 11, n. 4, p. 393-396, out-dez, 2005.

CHUA, T.E.; PAW, J.N.; GUARIAN, F.Y. The environmental impact of aquaculture and the effects of pollution on coastal aquaculture development in Southeast Asia. **Marine Pollution Bulletin**, v. 20, n.7, p. 335-343. 1989

CHUNTAPA, B.; POWTONGSOOK S.; MENASVETA, P. Water quality control usin *Spirulina platensis* in shrimp culture tanks. **Aquaculture**, v.220, p.355–366, 2003.

COÊLHO, A. A. C. **Acumulação de lipídios totais durante a fase estacionária de cultivo da microalga *Tetraselmis tetrahele***. Monografia de graduação em Engenharia de Pesca (Universidade Federal do Ceará). 2009.

CONVERTI, A.; CASAZZA, A. A.; ORTIZ, E. Y.; PEREGO, P.; BORGHI, M. D. Effect of temperature and nitrogen concentration on the growth and lipid content of *Nannochloropsis oculata* and *Chlorella vulgaris* for biodiesel production. **Chemical Engineering and Processing**. Italy, v. 48, n. 6, p. 1146-1151, 2009.

CRAGGS, R., J., MCAULEY, P. and SMITH V. J., 1997- Wastewater nutrient removal by marine microalgae grown on a corrugated raceway. **Water Research**, v. 31, n. 7, p. 1701-1707.

DE LA NOUE J.; PROULX, D. Biological Tertiary Treatment of Urban Wastewaters with chitosan-immobilized *Phormidium*. **Applied Microbiology and Biotechnology.**, v. 29, n. 2-3, p. 292-297, 1988.

DEMETRIUS, S. P. A cadeia produtiva da carcinicultura pernambucana: Uma análise sob a ótica da economia dos custos de transação. Dissertação (Mestrado em Administração) – Faculdade Boa Viagem, Recife. 98f. 2008.

DERNER, R. B.; OHSE, S.; VILLELA, M.; CARVALHO S. M.; FETT, R.; **Microalgas, produtos e aplicações.** Ciência Rural, Santa Maria, v.36, n.6, p.1959-1967, 2006.

FAO, Aquaculture Statistic, 2009. Disponível em: <www.fao.org>. Acessado em março de 2010.

FAO, Aquaculture Statistic, 2010. Disponível em:<www.fao.org>. Acessado em julho de 2011.

GRIS, L. R. S. **Produção da microalga *Nannochloropsis oculata* em Fotobiorreator Airlift.** Dissertação de mestrado em Engenharia Química (Universidade Federal do Rio Grande do Sul). 2011, 168 f.

GROBBELAAR, J.U. Algal biotechnology: real opportunities for Africa. South African **Journal of Botany**, v.70, n.1, p.140-144, 2004.

GUILLARD, R. R. L. Culture of phytoplankton for feeding marine invertebrates. **Culture of marine invertebrate animal.** SMITH, W. L.; CHANLEY, M. H. (eds.). New York: Plenum Publishing, p. 29-60, 1975.

GUIMARÃES, I. M. **Utilização de ostra e macroalga como biofiltro para efluentes de cultivo de camarão marinho.** Dissertação de mestrado em Engenharia de Pesca (Universidade Federal Rural de Pernambuco). 2008. 46f.

GURJÃO, L. M. Uso integrado de sedimentação, ostras e macroalgas para tratamento de efluente de carcinicultura. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Pesca) - Universidade Federal do Ceará, 2004.

HENRY-SILVA, G. G.; CAMARGO, A. F.M.; Impacto das atividades de aquicultura e sistemas de tratamento de efluentes com macrófitas aquáticas. **Boletim Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 34, n. 1, p. 163 – 173, 2008.

HERNADEZ, J-P.; de BASHAN, L. E.; RODRIGUEZ, D. J.; RODRIGUEZ, Y.; BASHAN, Y. Growth promotion of the freshwater microalga *Chlorella vulgaris* by the nitrogen-fixing, plant growth-promoting bacterium *Bacillus pumilus* from arid zone soils. **European Journal of Soil Biology**, v. 45, n. 1, p. 88-93, Jan 2009.

HIROOKA, T., AKIYAMA, Y., TSUJI, N., NAKAMURA, T., NAGASE., H., HIRATA, K., MIYAMOTO, K.; Removal of Hazardous Phenols by Microalgae under Photoautotrophic Conditions. **Journal of Bioscience and Bioengineering**. v. 95, n. 2, p 200-203, 2003.

HOPKINS, J.S; BRADY, C.L.; HAMILTON, R.D.; HEFFERNAN, J.A. The effect on low-rate sand filtration and modified feed management on effluent quality, pond water quality and production of intensive shrimp ponds. **Estuaries and Coasts**, v. 18, n.1, p. 116-123. 1995

JIMÉNEZ-PÉREZ, M. V., SÁNCHEZ-CASTILLO, P., ROMERA, O., FERNÁNDEZ-MORENO, D., PÉREZ-MARTÍNEZ, C. Growth and Nutrient Removal in Free and Immobilized Planktonic Green Algae Isolated from Pig Manure. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 34, n. 5, p. 392-398, 2004.

JOURDAN, J. P. Teaching manual: Grow your own Spirulina. Geneva, Switzerland. 16p. 2001.

JONES, A. B., PERSTON, N. P., DENNISON, W. C. The efficiency and condition of oysters and macroalgae used as biological filters of shrimp pond effluent. **Aquaculture Research**. v. 33, n.1, p. 1-19, 2002.

LIMA, S. A. C., RAPOSO, M. F. J., CASTRO, P. M. L., MORAIS, R. M.; Biodegradation of p-Chlorophenol by a Microalgae Consortium. **Water Research**, v. 38, n.1, p. 97-102, 2004.

LOURENÇO, S. O. Cultivo de microalgas marinhas: princípios e aplicações. São Carlos: Rima, v. 1, 588 p. 2006.

MAESTRINI S. Y., ROBERT J. M.; Rendements d'utilisation des sels nutritifs et variations de l'état des cellules de trois diatomées de claires à huîtres de Vendée. **Oceanol. Acta**. v. 4, n. 81, p. 13-21, 1981.

MCINTOSH, D. and FITZSIMMONS, K. Characterization of effluent from an inland, low-salinity shrimp farm: what contribution could this water make if used for irrigation. **Aquacultural Engineering**, v. 27, n. 2, p. 147-156, 2003.

MELLO, Cecília Campello do Amaral. **Avaliação de equidade ambiental como instrumento de modernização e democratização dos procedimentos de avaliação de impacto de projetos de desenvolvimento** - estudo de caso: o processo de licenciamento da carcinicultura nos estados da Bahia e do Ceará. FASE – Projeto Brasil Sustentável e Democrático ETTERN-IPPUR-UFRJ. Rio de Janeiro. 2007.

MÉNDEZ, N. J. Evaluación de la remoción de fósforo y nitrógeno de aguas residuales por el alga *Chlorella* ssp. **Revista Institucional de la Facultad de Salud. Colombia**. v. 2, p. 41-46. 2003.

MESSIAS, A. S.; COSTA, M. R. N.; **Gestão Integrada de Ambientes Costeiros e Impactos Ambientais**. n. 5, p. 419-429. 2009.

MORAES, D. S. L.; JORDÃO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista Saúde Pública**, v.36, n.3, p. 370-374, 2002.

OHSE, S.; DEENER, R. B.; OZÓRIO, R. A.; CUNHA, P. C. R.; LAMARCA, C. P.; DOS SANTOS, M. E.; MENDES, L.B B. Revisão: seqüestro de carbono realizado por microalgas e florestas e a capacidade de produção de lipídios pelas microalgas. **Insula Revista de Botânica**, v. 36, p. 39-74, 2007.

OLAIZOLA, M. Commercial development of microalgal biotechnology: from the test tube to the marketplace. **Biomolecular Engineering**, v.20, n. 4-6, p.459-466, 2003.

OSTRENSKY, A., BORGHETTI, J. R., PEDINI, M. Situação atual da aqüicultura brasileira e mundial. In: VALENTI, W. C. Aqüicultura no Brasil: bases para um desenvolvimento sustentável. 1. ed. CNPq/Ministério da Ciência e Tecnologia. Brasília, cap. 12, p. 353-382, 2000.

PÁEZ-OSUNA, F., GUERRERO-GALVÁN, S. R., RUIZ-FERNANDEZ, A. C. The environmental impact of shrimp aquaculture and the coastal pollution in Mexico. **Marine pollution bulletin**. v. 36, n. 5, p. 65-75, 1998

RAVEN, P.H. **Biologia vegetal**. 6.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 906p, 2001.

REDDING, T.; TODD, S.; MIDLEN, A. The treatment of aquaculture wastewater - A botanical approach. **Journal of Environmental Management**, v. 50, n. 3, p. 283-299, 1997.

RICHMOND, A. (Ed). **Handbook of microalgal culture: biotechnology and applied phycology**.566p, 2004.

SANCHES, E. G.; PANNUTI, C. V.; SEBASTIANI, E.F., A piscicultura marinha como opção para a carcinicultura brasileira. **Revista Aquicultura & Pesca**, n. 36, p. 12-19, 2008.

SERENOTTI, F.; CRESPI, B. A.; TORRES, L. G.; Contribuição à modelagem da produção de *Spirulina maxima* em fotobioreatores. **Revista Série Ciências Exatas e da Terra**, v. 23, n. 1-2, p. 08-17, 2004.

SILVA, F., **Biorremocão de nitrogênio, fósforo e metais pesados (Fe, Mn, Cu, Zn) do efluente hidropônico, através do uso de *Chlorella vulgaris***. Dissertação para obtenção do título de Mestre em Agroecossistemas (Universidade Federal de Santa Catarina). 2006. 87f.

SILVESTRE, M. E. D. **ÁGUA DOCE NO BRASIL: razões de uma nova política**. Dissertação para obtenção do grau de mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.(Universidade Federal do Ceará). 2003. 134 f.

SOARES, R. J. B. **Avaliação das Possibilidade de Tratamento de um Efluente Piscícola Marinho por Microalgas**. Dissertação de Mestrado em Hidrobiologia (Universidade do Porto). 2000. 152f.

SPOLAORE, P.; JOANNIS-CASSAN, C.; DURAN, E.; ISAMBERT, A. Optimization of *Nannochloropsis oculata* growth using the response surface method.**Journal of Chemical technology and Biotchnology**. v. 81, n. 6, p. 1049-1056, 2006.

VALENTI, W.C. Aquaculture for sustainable development. In: VALENTI, W.C.; POLI, C.R.; PEREIRA, J.A.; BORGHETTI, J.R. (Eds.) *Aqüicultura no Brasil, bases para umdesenvolvimento sustentável*. Brasília: CNPQ/Ministério da Ciência e Tecnologia, p.17-24. 2000

YAN, H; PAN, G. Toxicity and bioaccumulation of cooper I three green microalgal species. *Chemosphere*. 49, p. 471-476. 2002.