

Rosano de Alencar, Jefferson; Antunes Horta Junior, Paulo; 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

Revista de Biologia e Ciências da Terra, vol. 10, núm. 1, 2010, pp. 117-137

Universidade Estadual da Paraíba

Campina Grande, Brasil

Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=50016930010>



Revista de Biologia e Ciências da Terra

ISSN (Versión impresa): 1519-5228

revbiocieter@yahoo.com.br

Universidade Estadual da Paraíba

Brasil

Cultivo de Camarão Branco *Litopenaeus Vannamei* (Boone, 1931) com a Macroalga *Ulva Lacuata* Linneaus (Chlorophyta) no Tratamento de Efluentes em Sistema Fechado de Recirculação

Jefferson Rosano de Alencar¹, Paulo Antunes Horta Junior², Joil José Celino³

RESUMO

Objetivou-se explorar o potencial da macroalga *Ulva lactuca* para avaliar o cultivo integrado com *Litopenaeus vannamei* em sistema fechado de recirculação. *U. lactuca* foi cultivada em recipientes de Erlenmeyer de 500mL, contendo água de efluentes de uma fazenda de camarões marinhos sob diferentes concentrações de NH_4^+ e PO_4^{3-} . No sistema de recirculação, utilizaram-se camarões, distribuídos em seis tanques de 500L. As algas foram cultivadas em 3 tanques de 250L, compondo o fator camarão e alga. Outros 3 tanques de 250L foram utilizados para compor o fator camarão sem alga. O experimento foi realizado sob as condições naturais do ambiente, processando-se uma recirculação diária de 6%. Os camarões foram alimentados em bandeja, uma vez ao dia, com uma ração de 35% de proteína bruta e 1,45% de fósforo. Não foi constatada diferença significativa de ganho em peso entre os camarões cultivados nos sistemas com alga e sem alga. *U. lactuca* reduziu em 94% as concentrações de amônia e em 39,5% as concentrações de ortofosfato emitidas no sistema de recirculação.

Palavras-chave: *Litopenaeus vannamei*; *Ulva lacuata*; sistema fechado de recirculação; cultivo integrado

Cultivation of White Shrimp *Litopenaeus Vannamei* (Boone, 1931) with the macro-algae *Ulva Lacuata* Linneaus (Chlorophyta) in the treatment of effluent in a closed system of recirculation

ABSTRACT

This study aimed to explore the potential of macro-algae *Ulva lactuca* to evaluate the growing integrated with *Litopenaeus vannamei* in a closed system of recycling. *U. lactuca* was grown in containers of 500mL of flask containing effluent water from a ranch of marine shrimp under different concentrations of NH_4^+ and PO_4^{3-} . In the recirculation system were used prawns, distributed in six tanks of 500L. The algae were grown in 3 tanks 250L, compounding factor shrimp and seaweed. Other 3 tanks of 250L were used to compose the factor shrimp without algae. The experiment was performed under the natural conditions of the environment, processing is a daily recirculation of 6%. The shrimp were fed into tray once daily, with a ration of 35% crude protein and 1.45% phosphorus. There was no significant difference in weight gain between the shrimp grown in algae systems with and without algae. *U. lactuca* reduced by 94% the concentrations of ammonia and 39.5% in the concentrations of orthophosphate issued by shrimp in closed-recirculating system.

Keywords: *Litopenaeus vannamei*; *Ulva lacuata*; closed system of recirculation; Integrating seaweeds

1 INTRODUÇÃO

O conceito de aquíicultura integrada entre macroalgas e peixes marinhos vem sendo amplamente debatido na Europa, em Israel, nos Estados Unidos, e no Chile (Harlin et al., 1978; Vandermeulen & Gordin, 1990; Neori et al., 1991; Ellner et al., 1996; Jiménez del Río et al., 1996; Neori & Shpigel, 1999; Pagand 1999; Neori et al., 2000; Pagand et al., 2000; Chopin et al., 2001; Chow et al., 2001; Neori et al., 2003; Porrello et al., 2003; Shuenhoff et al., 2003 e Neori et al., 2004), por outro lado, ainda são poucos os estudos relacionados ao fitotratamento da carcinicultura marinha.

Com o crescimento da carcinicultura, aumenta também a preocupação na busca de alternativas que primem pela redução dos nutrientes presentes na composição dos efluentes do respectivo processo de produção. Esses nutrientes são derivados, principalmente, do excesso de ração, dos fertilizantes empregados na adubação dos viveiros e dos produtos metabólicos produzidos pelos camarões em cultivo (Nunes, 2002).

Através de sistemas fechados de recirculação, é possível estabelecer um controle dos parâmetros físico-químicos da qualidade da água, evitando-se a contaminação por agentes externos eventualmente presentes nas fontes de captação. Entretanto, a recirculação da água pode produzir uma concentração de nutrientes, que em muitas vezes leva à eutrofização do sistema, gerando uma série de alterações dos parâmetros da água, como por exemplo, uma redução do oxigênio disponível (Pagand, 1999).

Nestes casos, as macroalgas podem agir como poderosos biofiltros destes efluentes, pois através da atividade fotossintética, elas proporcionam a assimilação dos nutrientes dissolvidos na água (Nelson et al., 2001 e Fonseca et al., 2002). Desta forma, a utilização das macroalgas como biofiltros possibilita a reutilização dos efluentes gerados, proporcionando uma melhora na qualidade da água dos sistemas de produção.

O presente estudo tem como objetivo avaliar, em escala experimental, a capacidade de remoção de nutrientes e o crescimento da espécie *U. lactuca* em sistema fechado de recirculação sob condições de cultivo do camarão marinho *L. vannamei*.

2 ESTADO DA ARTE

Ao redor do mundo, a aquíicultura tem crescido extraordinariamente ao longo dos últimos anos, a uma taxa de cerca de 10% ao ano. Esse crescimento tem sido impulsionado pelo efeito combinado do crescimento da população do planeta e pelo aumento do consumo de produtos aquícolas por parte dos países desenvolvidos (Biao et al., 2004 e Donavario et al., 2004).

A base deste crescimento, dos cultivos intensivos ou super-intensivos de camarões, de peixes, de ostras, de mexilhões ou de outro organismo aquático cultivável como as macroalgas foi a monocultura. O cultivo exclusivo de uma única espécie facilita o manejo e a aplicação de técnicas e instrumentos que visam facilitar e aumentar a produtividade. Entretanto, o monocultivo destes organismos, apesar de produzir divisas e desenvolvimento econômico a curto prazo, tem produzido severos danos ao meio com a degradação de ambientes costeiros através da remoção da vegetação nativa e/ou eutrofização dos corpos d'água adjacentes (Biao et al., 2004).

Por outro lado, o conceito de aquíicultura integrada constitui um elemento essencial para o gerenciamento costeiro, apontando para a redução de custos, no beneficiamento econômico e social, bem como na minimização dos impactos causados pela atividade poluidora ao ecossistema (Brzeski & Newkirk, 1997; Chow et al., 2001 e Mcvey et al., 2002). A monocultura não se baseia na premissa da sustentabilidade da aquíicultura, pois não recicla nutrientes oriundos de outras fontes de produção aquícola, eleva os custos de produção e pode levar à perda total da cultura em caso de condições climáticas adversas ou mesmo pelo ataque de pragas de difícil controle.

Tudge (2000) destaca que a ciclagem de nutrientes consiste na interação entre vários organismos que compõem um determinado sistema produtivo. Segundo o referido autor, o problema da monocultura, buscando primar por elevadas taxas de produtividade, reside no desbalanço de nutrientes ou perda destes para o meio ambiente.

Segundo Troell et al. (2003), as macroalgas cultivadas em águas costeiras removem cerca de um milhão de toneladas de proteína e

aproximadamente 150.000 toneladas métricas de nitrogênio anualmente. Desta forma, elas tornam os efluentes, ricos em nutrientes, em recursos aproveitáveis, neutralizando os impactos ambientais, mitigando os efeitos da eutroficação e restaurando a qualidade da água (Neori et al., 2004).

Além deste importante papel ecológico, as macroalgas constituem um recurso natural de grande relevância para a humanidade (Critchley & Ohno, 1998), por servirem de alimento ou como matéria prima para a indústria de cosméticos e produtos farmacêuticos (Neori et al., 2004). Conciliando a necessidade ecológica, e porque não jurídica, de absorção dos excessos de nutrientes disponibilizados nos efluentes das atividades aquícolas, com a possibilidade de incremento dos lucros da atividade através da comercialização deste novo produto, o consórcio de animais marinhos com macroalgas passa a representar uma necessária e verdadeira aquíicultura sustentável.

A atividade aquícola brasileira, apesar de seu crescimento vertiginoso registrado nos últimos anos (Valenti et al., 2000), não tem direcionado esforços para o cultivo de macroalgas. Entretanto, sabe-se que elas podem representar uma rica fonte de recursos econômicos para o país, conforme ocorre na China, no Japão, na Coreia e no Chile. Apesar dos entraves tecnológicos para a produção de macroalgas no Brasil estarem sendo estudados e em grande parte superados, as dificuldades de comercialização acabam desestimulando os produtores (Carvalho Filho, 2004). De acordo com este autor, novas alternativas estão sendo estudadas para viabilizar a produção neste setor da aquíicultura brasileira, possibilitando tornar as macroalgas uma alternativa para as comunidades pesqueiras.

Enquanto se busca a ascensão das macroalgas no cenário da aquíicultura brasileira, crescem as atividades voltadas à piscicultura de água doce, à produção de ostras e mexilhões e, sobretudo, ao cultivo de camarão marinho da espécie *Litopenaeus vannamei*. Devido a sua fácil adaptabilidade a diferentes condições do meio, alta taxa de sobrevivência e rápido crescimento, *L. vannamei* é cultivado em praticamente todos os países produtores de camarões do continente americano, representando a espécie de maior produção em

cativeiro no Ocidente (Ministério da Agricultura, Pecuária E Abastecimento, 2001).

No Brasil, segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária E Abastecimento (2001), entre 1996 e 2000, o cultivo de camarão marinho cresceu significativamente, obtendo um incremento total de áreas cultiváveis na ordem de 95%, produtividade de 345% e produção total de 768%, indicando o grau de tecnificação a que foi submetida tal atividade. De acordo com Souza Filho et al. (2003), o camarão de cultivo no Brasil representou um aumento de 31% nas exportações de pescados em 2001. Além disso, segundo estes autores, a produção brasileira de camarão cultivado alcançou 60 mil toneladas em 2002, onde aproximadamente 96% desta produção se concentrou na região Nordeste e 3% na região Sul do país.

A região Sul é impulsionada pelo Estado de Santa Catarina na produção de camarão marinho cultivado. Com o sucesso do cultivo do *L. vannamei* em detrimento das espécies nativas, em poucos anos as áreas de fazendas aumentaram de algumas dezenas para mais de 800ha (Roubach et al., 2003). A produção de camarões marinhos cultivados em Santa Catarina saltou de 190 toneladas em 2000 para 1.900 toneladas em 2002 (Carvalho Filho, 2002). O município de Laguna detém a maior produtividade, recebendo o título de capital catarinense do camarão. Segundo Carvalho Filho (2002), o Estado catarinense sustenta uma peculiaridade no cultivo do *L. vannamei*, onde 47,1% das fazendas variam de 10 a 30ha, 43,4% das propriedades estão caracterizadas por pequenas fazendas, com menos de 10ha, operando em regime de mão de obra familiar, e o restante, acima de 30ha. Estima-se que até 2005, cerca de 10.000ha da área litorânea de Santa Catarina estará destinada ao cultivo do camarão marinho, basicamente por pequenos produtores (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2001).

A produção de camarões peneídeos em Santa Catarina é caracterizada pelos cultivos semi-intensivos, cuja densidade não ultrapassa a 30 indivíduos m⁻² (Souza Filho et al., 2003). A profundidade dos viveiros de engorda das fazendas varia de 0,8 a 1,2m. E a transparência geralmente atende à recomendação de Boyd (1998b), devendo estar em torno de 0,2m. Segundo este autor, valores de transparência

superiores ao citado indicam que o cultivo pode ser fertilizado. De acordo com Fraga (2002), em locais com maior aporte de água doce, a flutuação da salinidade nos ambientes de cultivo é bastante elevada, tendo registrado valores extremos de 5ppt e 21ppt para a Fazenda Experimental Yakult, no norte de Santa Catarina, e de 5ppt e 15ppt para a Fazenda Costa Azul, em Laguna, sul do Estado.

Apesar do apogeu pelo qual vem passando a carcinicultura marinha brasileira através da multiplicação considerável de fazendas nos últimos anos, tanto em Santa Catarina como no Nordeste brasileiro, é importante ressaltar as preocupações com os impactos negativos desta expansão. A exemplo do Equador, Taiwan, México e Tailândia, o desenvolvimento do cultivo de camarões contribuiu para a destruição de grandes áreas de manguezais, na salinização de solos agricultáveis e no aumento da concentração de efluentes em zonas estuarinas (Andreatta & Beltrame, 2004).

Os efluentes gerados pelo respectivo processo de produção aquícola são ricos em nutrientes derivados, principalmente, do excesso de ração, dos fertilizantes empregados na adubação dos viveiros e dos produtos metabólicos produzidos pelos camarões em cultivo (Páez-Osuna et al., 1997 e Nunes, 2002).

Em outro estudo, Páez-Osuna et al. (1999) constataram uma elevada contribuição de nitrogênio e fósforo provenientes dos cultivos semi-intensivos da carcinicultura marinha, com densidades de 16 camarões m^{-2} , no Estado de Sinaloa, Golfo da Califórnia, México. Apesar de elevada, a carga de nutrientes observada por estes autores ficou abaixo dos valores produzidos pelos efluentes da agricultura, da indústria, bem como dos efluentes municipais daquele local. Porém, a intensificação da atividade carcinicultora, mesmo em sistemas semi-intensivos, poderá causar sérios riscos ao meio ambiente, afetando a qualidade da água e impactando toda uma região e suas adjacências, conforme registrado na piscicultura marinha de países escandinavos (Ackefors & Ennel, 1990 e Ennel, 1995).

Infelizmente, o Brasil ainda não dispõe de mecanismos de educação/conscientização ou mesmo de fiscalização eficientes que possam direcionar o desenvolvimento da carcinicultura para uma atividade sustentada. De acordo com

Carvalho (2002), a Resolução do Conama no 312/2002, que regulamenta a atividade carcinicultora no país, diz que todas as fazendas de camarões terão que dispor de recirculação e de bacias de sedimentação/estabilização. Entretanto, são pouquíssimos os produtores que atendem a essa exigência. A maioria das fazendas operam com sistema de renovação de água, admitindo-se uma taxa de até 20% ao dia, desconsiderando outras alternativas que possam minimizar os problemas de qualidade de água.

Segundo Boyd (2000), uma renovação diária de apenas 2% realizada em um viveiro de 1 hectare é capaz de gerar 2,4 vezes o seu volume total em efluentes a cada ciclo de produção. E isso tende a se agravar à medida que a taxa de renovação diária aumenta, podendo tornar-se limitante a capacidade de suporte e de assimilação dos nutrientes por parte do ecossistema adjacente. Assim, a renovação acaba se resumindo em um “círculo vicioso”, já que a continuidade do processo produtivo depende de água de boa qualidade.

Considerando relevante a preocupação com a descarga de efluentes nas adjacências das fazendas carcinicultoras brasileiras e por desconhecer o impacto que tal atividade pode estar produzindo nos ambientes costeiros, cabe primar por tecnologias simples, baratas e limpas, capazes de promover a sustentabilidade do processo produtivo. Existem estudos experimentais, buscando a redução de sólidos suspensos, bem como das cargas de nitrogênio e fósforo resultantes da emissão dos efluentes dos cultivos de camarões marinhos, que utilizam bacias de sedimentação, integrando moluscos bivalves e macroalgas (Nunes, 2002). Tal integração contribui para o desenvolvimento de sistemas de recirculação, onde os parâmetros de qualidade de água podem ser melhor controlados. Talvez aí estaremos transformando o processo produtivo em um “círculo virtuoso”.

O cultivo de macroalgas no mundo tem sido motivado pelo aumento da demanda de consumo e limitação dos bancos naturais, por ser um estímulo ao desenvolvimento industrial de países tropicais e por tornar-se uma alternativa sustentável às comunidades pesqueiras gerando-lhes uma ocupação e fonte de renda (Guiry & Blunden, 1991; Rincones, 2000 e Zemke-White, 2000). Os cultivos são responsáveis por representarem mais de 50% da

produção mundial somente em algas vermelhas produtoras de ficocolóides (Accioly, 2004). De acordo com Oliveira (1989) o cultivo permite um maior controle do sistema de produção das macroalgas e oferece maior estabilidade às indústrias que trabalham com o processamento das mesmas. Carvalho Filho (2004) relata que entre os principais países produtores de algas, as Filipinas, a Indonésia, a África do Sul e o Chile se destacam, pois a mão-de-obra barata possibilita geralmente o bom funcionamento dos cultivos e a competitividade dos valores de comercialização.

Na Europa, Guiry & Blunden (1991) apontam boas perspectivas de cultivo de macroalgas voltadas à finalidade de reduzir nutrientes de águas eutróficas, possibilitando um subsequente aproveitamento daquelas destinadas à extração de ágar.

Na América Latina, segundo Buschmann et al. (1995), o Chile se destaca como maior produtor de *Gracilaria* cultivada, cuja contribuição vem refletindo diretamente na progressiva redução do extrativismo. Acredita-se que o país cultiva atualmente mais de 90% da biomassa de *Gracilaria* destinada à comercialização.

Por outro lado, o Brasil importou em 2001, cerca de US\$ 15 milhões em algas e seus derivados, apesar do grande potencial que o país tem a desenvolver em termos de cultivo (Carvalho Filho, 2004). O referido autor comenta ainda que o nordeste brasileiro apresenta condições ideais para o desenvolvimento de projetos de cultivo de macroalgas devido as excelentes condições climáticas e geográficas da região, além de contar com capacidade ociosa de trabalho.

Nunes (2002) relatou que muitas espécies de macroalgas nativas da costa brasileira, em particular as dos gêneros *Gracilaria* e *Hypnea*, apresentam potencial de cultivo integrado à carcinicultura marinha. Em experimento realizado no Rio Grande do Norte, Marinho-Soriano et al. (2002) constataram que o cultivo de *Gracilaria sp.* pode ser desenvolvido com relativo sucesso em efluentes de fazendas de camarões marinhos. Resultados mais expressivos de produtividade foram obtidos com *G. cornea*, na Bahia (Nunes, 2002), integrando estas espécies aos cultivos de camarões marinhos em gaiolas flutuantes.

Dentre as macroalgas cultivadas para o tratamento de efluentes, as do gênero *Ulva* merecem destaque. Elas dispõem de boa habilidade para absorver e metabolizar rapidamente o nitrogênio, elevadas taxas de crescimento, alta resistência às condições de estresse ambiental e baixa vulnerabilidade ao epifitismo (Jiménez Del Río et al., 1996 e Neori et al., 2000). Tais condições favorecem a exploração destas algas na aquíicultura. Entretanto, pelo fato de não produzirem ficocolóides, lamentavelmente, pouca importância tem sido atribuída a elas em nosso país.

Do ponto de vista econômico, a Itália emprega a *Ulva* na fabricação de papel e na indústria de medicamentos fitoterápicos destinados ao tratamento de verminoses e infecções intestinais. Na Alemanha, estas algas também são empregadas por indústrias farmacológicas. Na França, são utilizadas como aglutinante de rações para piscicultura, além de serem empregadas como fertilizante orgânico na agricultura (Pagand, 1999). Segundo Zaixso (1996), estas clorófitas fazem parte da dieta alimentar de comunidades costeiras do Uruguai e da Argentina, embora este hábito não seja tradicional. No Chile, além de ser empregada na alimentação, a espécie *Ulva lactuca* se presta à produção de biogás na Ilha de Chiloé (Grünewald, 2003).

Uma vantagem que poderá favorecer o cultivo de *Ulva* integrado à carcinicultura marinha é a sua tolerância à variação de salinidade. Gayral & Cosson (1986) demonstraram que as macroalgas deste gênero são capazes de suportar amplas variações de salinidade, obtendo boas taxas de crescimento. Na Alemanha, proximidades de Hamburgo (desembocadura do rio Elba com o Mar do Norte), Spieker (2001) constatou que *U. rigida* e *U. lactuca* se desenvolvem muito bem, apesar da grande flutuação de salinidade. Nesta região, Klimmek (2003) observou que a cinética de absorção de determinados íons metálicos está relacionada diretamente com a salinidade do meio onde a alga se encontra. Lartigue et al. (2003) observaram que *U. lactuca* mantém sua capacidade de assimilação de compostos nitrogenados, mesmo quando exposta frequentemente por tempo prolongado a amplas variações de salinidade, devido às suas reservas

suficientes de energia e carbono. Estudos laboratoriais apontaram boas taxas de crescimento em *U. lactuca* nas salinidades de 15 e 25ppt (Alencar et al., 2003).

Este comportamento da espécie *U. lactuca* é fundamental para integrá-la ao cultivo do camarão branco do Pacífico, *Litopenaeus vannamei*, em nosso país, já que se trata de um crustáceo com características eurihalinas. De acordo com Menz & Blake (1980), *L. vannamei* é conhecido por habitar tanto águas com 1 a 2ppt até 40ppt ou mais. Contudo, esta ampla variação de salinidade modifica o balanço osmótico e iônico do animal, provocando um aumento da demanda de energia metabólica para se adaptar ao meio, o que pode deixá-lo vulnerável às enfermidades.

Experimentos realizados na França por Pagand (1999) e Pagand et al. (2000), utilizando macroalgas do gênero *Ulva* integradas à piscicultura marinha, demonstraram eficiência no tratamento de efluentes. em Israel, vários estudos demonstraram o sucesso da macroalga *U. lactuca* como biofiltro em sistemas de recirculação e de semi-recirculação para piscicultura marinha intensiva de *Sparus aurata* (Ellner et al., 1996; Neori et al., 1991; Neori & Shpigel, 1999; Neori et al., 2000; Neori et al., 2003 e Schuenhoff et al., 2003), mitigando os impactos causados pelas cargas de nutrientes.

Na Itália, Porrello et al. (2003) observaram significativa redução de nutrientes oriundos da piscicultura intensiva em tanques de terra através do fitotratamento, utilizando a macroalga *Ulva rigida*. segundo Fralick et al. (1979) e Vandermeullen & Gordin (1990), o emprego da *Ulva sp.* como biofiltro tem sido indicado como um método eficiente de recuperação de ambientes com grandes quantidades de nitrogênio inorgânico dissolvido.

Gayral & Cosson (1986) demonstraram que as macroalgas do gênero *Ulva* são capazes de suportar grandes variações de salinidade, obtendo boas taxas de crescimento. Lartigue et al. (2003) constataram que *U. lactuca* mantém sua capacidade de assimilação de compostos nitrogenados, mesmo quando exposta, frequentemente e por tempo prolongado, a amplas variações de salinidade, devido às suas reservas de energia e carbono. Runcie et al. (2003) observaram que *U. lactuca* absorve rapidamente a amônia, o nitrito e o nitrato, em

concentrações saturadas, devido à eficiência de seu sistema de transporte celular. Além de absorver e metabolizar rapidamente o nitrogênio, *U. lactuca* apresenta talos bastante resistentes às condições de estresse ambiental, baixa vulnerabilidade ao epifitismo e taxa de crescimento elevada (Jiménez del Río et al., 1996 e Neori et al., 2000).

Ulva lactuca é uma espécie cosmopolita e oportunista (Ho et al., 1999) podendo ser encontrada em costões rochosos ou em zonas estuarinas (Santos, 1983). Segundo esta autora, a espécie é abundante em toda a costa brasileira bem como no Estado de Santa Catarina, onde a alga tem sido encontrada aderida ao substrato (em Governador Celso Ramos e Porto Belo) ou na forma flutuante (na Lagoa de Santa Marta – Laguna). Em Florianópolis é freqüente sua presença em forma flutuante no mangue de Ponta das Canas e nos tanques de decantação dos laboratórios marinhos da UFSC, na Barra da Lagoa, durante os meses de setembro a abril. (Fig.1).



Figura 1 – Forma flutuante da macroalga *Ulva lactuca* encontrada nos tanques de decantação dos laboratórios da UFSC – Barra da Lagoa.

Semelhante a uma alface e por isso conhecida como alface do mar, *U. lactuca* pode ter um crescimento mais longitudinal, quando encontrada em costão e aderida ao substrato, ou radial, quando flutuante. Alguns talos encontrados nos tanques de decantação dos laboratórios da UFSC chegaram a medir mais de 60 cm de diâmetro.

A espécie é diferenciada das demais do gênero *Ulva* pelas suas células que apresentam uma forma quadrática, sendo tão larga quanto longa (Fig.2). Através de corte transversal do

talo é possível visualizar sua bicamada de células, já que sua morfologia externa é muito semelhante às demais espécies deste gênero.

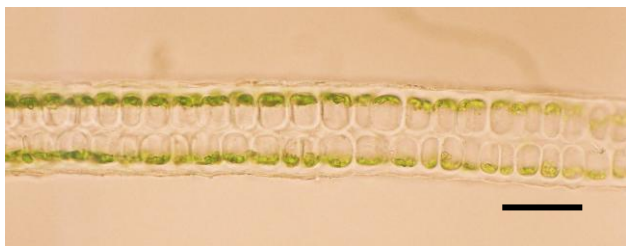


Figura 2 – Visualização em microscopia óptica da dupla camada de células de *Ulva lactuca* através de corte transversal do talo (escala 50µm).

De acordo com Lartigue et al. (2003), *U. lactuca* é uma espécie eurihalina, tolerando amplas variações de salinidade, sendo seu ponto de maior produção fotossintética em 25ppt.

Possui um ciclo de vida diplobionte (gametófito e esporófito) e isomórfico (mesma morfologia). Este ciclo envolve duas fases: uma gametofítica e outra esporofítica (Mauseth, 1995). Na fase gametofítica, plantas haplóides (n) originam gametas com dois flagelos. Os gametas se fundem formando um zigoto diplóide (2n). Este zigoto germina e dá origem a uma planta esporofítica (2n), a qual sofre um processo meiótico e libera esporos haplóides (n), com quatro flagelos. Estes esporos germinam e dão origem a plantas gametofíticas (n), completando o ciclo (Mauseth, 1995).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Ulva lactuca foi coletada no tanque de decantação do Laboratório de Moluscos Marinhos da Universidade Federal de Santa Catarina, situado na Barra da Lagoa (27° 34' 36"S, 48° 26' 49"W), município de Florianópolis, Santa Catarina, sul do Brasil. A primeira coleta, com uma biomassa aproximada de 1kg, foi destinada à primeira etapa experimental, que teve por estabelecer uma relação entre a densidade de alga e a eficiência de remoção de amônia e fósforo. Os espécimes coletados foram transportados em bandejas aos seus respectivos locais de estudo para serem imediatamente utilizados.

Foram estabelecidas cinco densidades (tratamentos) compostas cada uma por três repetições. As densidades utilizadas neste

delineamento experimental foram de 1, 2, 3, 4 e 5 gramas de *Ulva lactuca* por litro. Utilizou-se recipientes Erlenmeyer de 500mL, os quais contaram com as seguintes médias de peso em gramas de alga por litro, respectivamente: tratamento 1 = $0,51 \pm 0,02$; tratamento 2 = $0,99 \pm 0,02$; tratamento 3 = $1,51 \pm 0,01$; tratamento 4 = $2,00 \pm 0,01$ e tratamento 5 = $2,50 \pm 0,01$ (Fig. 3).

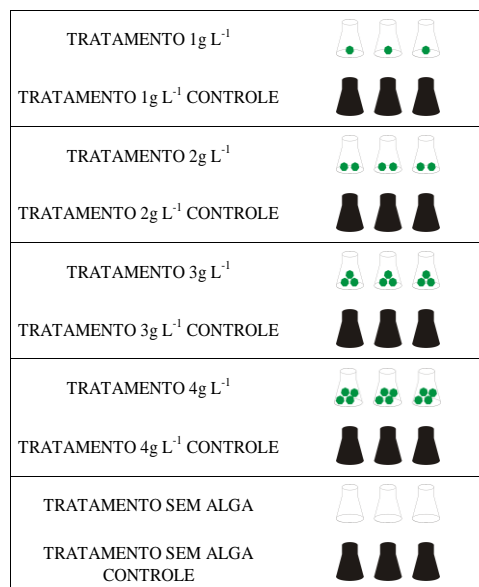


Figura 3 – Esquema do delineamento experimental. Os quatro primeiros tratamentos com suas densidades algais e seus respectivos controles. O último tratamento, sem alga, e o seu controle.

A água utilizada para compor o desenho experimental foi coletada dos efluentes de uma fazenda de camarões marinhos. Os Erlenmeyer com água dos efluentes, após receberem as suas densidades algais, foram tampados com uma película de PVC transparente e distribuídos aleatoriamente em prateleiras na sala da cultura do laboratório.

O experimento foi conduzido por três dias sob condições controladas: intensidade luminosa de 550 LUX, fotoperíodo 12/12, temperatura de 23°C e sem aeração. Os Erlenmeyer foram agitados suavemente por 30 segundos, de 4 a 5 vezes ao dia, para garantir o contato entre as algas e os nutrientes. Uma amostra de 200mL da água coletada na fazenda e outra de cada Erlenmeyer ao final do experimento foram acondicionadas em frascos de polietileno e imediatamente congeladas em freezer a -10°C.

Sistema fechado de recirculação

Posteriormente as coletas destinadas às etapas experimentais, realizaram-se coletas destinadas ao experimento de recirculação. O experimento contou de dois tratamentos, cada qual com três réplicas, de modo a apresentar um design com um fator: (a) tratamento com camarões e algas e (b) tratamento com camarões sem algas.

Foram utilizados seis tanques retangulares de fibra, com área de 1,40m² e capacidade de 500L. Uma torneira foi adaptada a 15cm da base de cada tanque para proceder a recirculação. A 10cm da parte superior, estes tanques receberam um extravasor com tela de nylon, de malha de 1mm², para eliminar excessos de água provenientes de chuvas. Os demais tanques, em amianto, de seção circular, com área de 0,57m² e capacidade de 250L, foram denominados “tanques de estabilização”. Estes foram pintados internamente com tinta preta atóxica, uma semana antes da montagem do experimento. Um cano de 3/4” com 40cm de altura, saindo a 15cm da base de cada um destes tanques foi adaptado para lançar a água por gravidade aos tanques dos camarões durante a recirculação e no momento de chuvas (Fig.4).

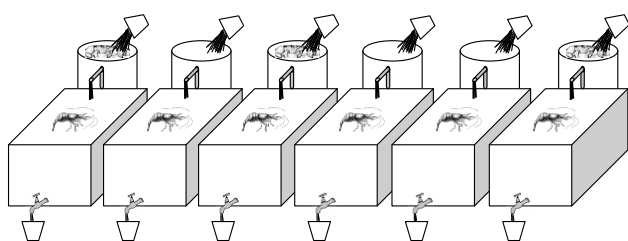


Figura 4 – Esquema de funcionamento do delineamento experimental em sistema fechado de recirculação e disposição dos tratamentos. T1 é o tratamento com alga e T2 é o tratamento sem alga.

Todos os tanques receberam uma camada de ± 10 cm de substrato argiloso, de composição desconhecida, cujo material foi coletado de um dos viveiros de uma fazenda de camarões marinhos em implantação no município de Governador Celso Ramos (27° 22' 04”S, 48° 36' 48”W).

Os tanques foram cheios com cerca de 44% de sua capacidade com água do mar filtrada com filtro de 0,5 micras e esterilizada em raio U.V., sendo completados com água doce potável até o ajuste da salinidade em ± 15 ppt. Após o primeiro mês do experimento a

salinidade do sistema foi elevada para ± 21 ppt. O aumento da salinidade foi feito através de uma renovação da água do sistema. Substituiu-se 30% do volume de cada tanque por água do mar a 34ppt igualmente filtrada e esterilizada.

A taxa de recirculação diária do sistema foi de 6% dia⁻¹, sendo realizada manualmente, com um tempo de residência da água de aproximadamente 24 horas.

Cada tanque recebeu uma população de 41 camarões, adequando-se à densidade máxima de 30 indivíduos m⁻², em concordância com a legislação pertinente ao Estado de Santa Catarina (Souza Filho et al., 2003). Os camarões foram coletados e pesados individualmente e distribuídos proporcionalmente em cada tanque.

Os camarões foram alimentados diariamente, uma vez ao dia, no período da manhã, com 6 gramas de ração. Este volume foi sendo aumentado no decorrer do experimento, de acordo com a demanda de consumo.

Nos tanques circulares, após cinco dias de funcionamento do sistema com os camarões, a espécie *Ulva lactuca* coletada foi lavada abundantemente em água do mar filtrada (filtro de 0,5 micras) e esterilizada em raio U.V. Talos que apresentaram maior resistência e melhor aspecto físico foram selecionados para compor o tratamento com alga. Os tanques deste tratamento receberam, inicialmente, uma biomassa de 500g (peso úmido) de *Ulva lactuca*, equivalente a uma densidade de 2g L⁻¹ ou aproximadamente a 1kg m⁻². Após duas semanas o experimento teve toda a biomassa de *U. lactuca* substituída e reduzida para 375g por tanque (densidade de 1,5g L⁻¹), testando-se os melhores resultados obtidos no experimento de densidade citado anteriormente. Para evitar que as algas se depositassem no fundo, uma tela plástica com malha de 1cm², no diâmetro equivalente ao dos tanques, foi fixada a 15cm abaixo da superfície da água. No segundo mês de experimento, já com a salinidade elevada de 15 para 21ppt, os tanques de alga foram repovoados, mantendo-se a densidade de 375g.

As pesagens das algas foram feitas semanalmente. Para proceder às pesagens, as algas foram retiradas dos tanques e colocadas sobre uma tela de nylon com malha sextavada de 3mm de diâmetro. O material biológico foi envolvido pela tela, e rotacionado manualmente

por um minuto, de forma a promover uma força centrífuga capaz de eliminar o excesso de água para se aferir o peso úmido. A cada pesagem, o excesso era retirado para manter a densidade desejada.

Durante a fase final do experimento, uma amostra com $\pm 30\text{mL}$ de água foi coletada de cada tanque dos camarões para identificar e quantificar a presença de fitoplâncton no sistema de recirculação. A leitura das células foi realizada através de um contador de partículas, regulado entre 2 e 10 micrômetros. As células foram identificadas através de microscopia óptica em objetiva de emersão.

Durante o experimento foram avaliadas a temperatura ambiente, a temperatura e salinidade da água de cada tanque, a intensidade luminosa e as condições do tempo (1 para tempo encoberto ou com chuva, 2 para parcialmente encoberto e 3 para tempo bom). Diariamente estes parâmetros foram monitorados três vezes ao dia: entre 8:00 e 10:00h, entre 12:00 e 14:00h, e entre 16:00 e 18:00h.

Para análise dos nutrientes, foram realizadas oito coletas de A primeira amostra foi coletada após um dia de funcionamento do sistema. A segunda, quatro dias depois da primeira coleta. E as seis amostras seguintes foram coletadas semanalmente.

Avaliação da taxa de crescimento

Para avaliação da taxa de crescimento relativo, tanto no teste *in vitro* de densidade como no experimento de recirculação, aplicou-se a fórmula sugerida por Dawes (1998): $\text{TRC} (\% \text{ dia}^{-1}) = \{[(\text{Pf} - \text{Pi}) \cdot \text{Pi}^{-1}] \cdot 100\} \cdot t^{-1}$, onde Pf é o peso úmido final, Pi é o peso úmido inicial e t é o intervalo de dias entre as pesagens dado em dias.

Análise de nutrientes

Na avaliação de N-amoniaco, assim como recomendado por Grasshoff et al. (1983), preparou-se a curva de calibração para posterior análise dos padrões das amostras. Estas foram descongeladas e mantidas à temperatura ambiente para preparação da análise. Uma alíquota de 50mL de cada amostra de água coletada, não filtrada, foi acondicionada em frascos âmbar. Em seguida, as amostras foram novamente congeladas. Sobre as alíquotas de

50mL foram adicionados os reagentes para a análise colorimétrica de NH_4^+ , seguindo os métodos descritos por Tréguer & Le Corre (1976) e Grasshoff et al. (1983). As alíquotas foram fixadas com os reagentes e estocadas ao abrigo da luz e em temperatura ambiente até a análise. A análise ocorreu no máximo de três dias após a fixação. As absorbâncias das amostras para se quantificar o NH_4^+ , foram medidas com um espectrofotômetro digital, modelo 724CV, visível, em 630nm, utilizando-se cubetas com 5cm de passo óptico.

Para a avaliação de fósforo inorgânico dissolvido (ortofosfato) as amostras foram filtradas com auxílio do conjunto de filtragem composto por Kitazato de 1000mL e bomba a vácuo, cujo vacuômetro foi regulado em 5 pol. Utilizou-se filtros de fibra de vidro de $0,47\mu\text{m} \pm 0,05$ da marca Schleicher & Schuell. Após a filtragem, as amostras foram imediatamente congeladas em freezer a -10°C até o momento da análise.

Para a análise de P-PO_4^{3-} descongelou-se as amostras. Em temperatura ambiente, tomou-se uma alíquota de 17,5mL de cada amostra. Preparou-se a curva de calibração para posterior análise dos padrões das amostras. A determinação destes padrões seguiu o método colorimétrico (Grasshoff et al., 1983). As amostras foram fixadas com os reagentes e suas absorbâncias foram lidas após cinco minutos, em um tempo máximo de 20 minutos. A leitura das absorbâncias foram feitas em 880nm em um espectrofotômetro, Hach, modelo DR/2010, utilizando-se cubetas de vidro.

Análise estatística

Através do programa “Statistica” foi utilizada análise de variância unifatorial ANOVA para averiguar a variação do ganho em peso dos camarões entre os tratamentos com alga e sem alga, e teste de Tukey para comparação das médias de ganho em peso do camarão nos sistemas fechados de recirculação com alga e sem alga (Zar, 1999), após testada a normalidade e a homocedasticidade. O desempenho de crescimento de *U. lactuca* foi comparado, através do teste t, com a densidade de alga empregada no sistema e com a alteração da salinidade. Uma correlação comparando a eficiência de remoção dos nutrientes e os tratamentos com alga e sem alga nos sistemas

de recirculação foi realizada através de análise de dispersão e regressão polinomial. Os parâmetros físicos foram avaliados através da estatística descritiva.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Densidade

Constatou-se que as densidades de 1 e de 5 g L⁻¹ e de 2 e de 5 g L⁻¹ apresentaram concentrações finais, respectivamente, de N-amoniaco e de ortofosfato bastante semelhantes (Tab.1). Observou-se que a densidade de 3g L⁻¹ apresentou as menores concentrações finais, tanto para o N-amoniaco quanto para o ortofosfato. (Tab.1). A partir desta densidade, *U. lactuca* teve uma taxa de crescimento reduzida à medida que o volume de sua biomassa foi aumentado. Da mesma forma, a eficiência de remoção dos nutrientes ficou prejudicada com o aumento da densidade.

Tabela 1 - Médias de TCR e cinética das concentrações de N-NH₄⁺ e P-PO₄³⁻ em diferentes densidades. Os valores médios de TCR e as médias das concentrações finais de NH₃ e PO₄³⁻ correspondem a um intervalo de três dias.

Densidade (g L ⁻¹)	TCR (% dia ⁻¹)	[] inicial NH ₄ ⁺ (µM)	[] final NH ₄ ⁺ (µM)	[] inicial PO ₄ ³⁻ (µM)	[] final PO ₄ ³⁻ (µM)
1	8,76 ± 1,43	41,20	4,93 ± 1,22	5,07	1,36 ± 0,71
2	7,33 ± 0,28	41,20	3,80 ± 0,66	5,07	1,63 ± 0,60
3	7,48 ± 0,45	41,20	2,67 ± 0,15	5,07	0,55 ± 0,08
4	6,88 ± 0,27	41,20	3,03 ± 0,25	5,07	0,81 ± 0,34
5	6,29 ± 0,66	41,20	5,00 ± 0,69	5,07	1,62 ± 0,72

Ulva lactuca apresentou eficiência de remoção de NH₄⁺ superior a 90% nos tratamentos com densidades de 2, 3 e 4g L⁻¹. Para a eficiência de remoção do ortofosfato, a densidade de 3g L⁻¹ apresentou-se superior às demais densidades, alcançando um percentual de 89,15% (Fig.5).

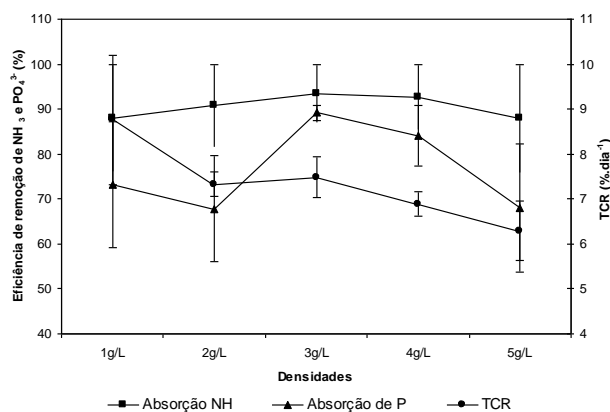


Figura 5 – Percentual de eficiência da remoção de N-amoniaco e de ortofosfato relacionado à taxa de crescimento relativo de *Ulva lactuca* em diferentes densidades.

Sistema de recirculação

As médias da temperatura ambiente verificadas no decorrer do experimento, realizado entre 10 de abril a 02 de junho de 2004, apontaram para uma anomalia negativa de acordo com a EPAGRI, sendo registrado 24,4°C e 20,2°C, respectivamente, para abril e maio. Entre os tanques dos camarões, as médias diárias das temperaturas da água observadas foram de 25,1°C ± 2,40; 22,8°C ± 2,26; 21,1°C ± 1,29; 20,3°C ± 1,32; 18,8°C ± 1,17; e 18,8°C ± 1,50, respectivamente para os períodos de 11 a 20 de abril, 21 a 30 de abril, 01 a 10 de maio, 11 a 14 de maio, 15 a 20 de maio e 21 a 30 de maio (Tab.2). Os tanques de estabilização apontaram uma média superior aos tanques dos camarões em 0,8°C ao longo de todo o período. A exceção dos primeiros dez dias, os tanques de estabilização com alga apontaram ligeira superioridade nas médias das temperaturas em relação aos tanques sem alga. Também foi observado que as flutuações de temperatura foram, em geral, maiores nos tanques de estabilização que nos tanques de camarões (Tab.2).

Ocorreram pequenas variações da salinidade em todos os tanques durante o experimento. Excesso de chuvas registrado entre 01 e 14 de maio apontaram para uma queda da salinidade neste período (Tab. 2). Verificou-se que a intensidade luminosa foi relativamente comprometida nestes mesmos períodos em que as condições do tempo estiveram desfavoráveis (Tab. 2).

Tabela 2 - Temperatura, salinidade, intensidade luminosa e condições do tempo monitorados durante o experimento.

Período	Média temperatura (°C)			Média salinidade (ppt)		Média int. lum. (lux)	Condições do tempo (%)		
	Ambiente	Tanques dos camarões	Tanques de estabilização	Tanques dos camarões	Tanques de estabilização		1	2	3
11 a 20/04/2004	M: 24,3 ± 2,18 (D.P.)	M: 23,8 ± 1,66 (D.P.)	M: 23,9 ± 1,71 (D.P.)	15,44 ± 1,12 (D.P.)	15,68 ± 1,59 (D.P.)	M: 484 ± 274 (D.P.)	M: 20	M: 20	M: 60
	M-d: 27,0 ± 3,39 (D.P.)	M-d: 25,7 ± 2,47 (D.P.)	M-d: 27,1 ± 3,15 (D.P.)			M-d: 639 ± 478 (D.P.)	M-d: 30	M-d: 20	M-d: 50
	T: 24,0 ± 2,47 (D.P.)	T: 25,8 ± 2,64 (D.P.)	T: 26,6 ± 2,96 (D.P.)			T: 70 ± 119 (D.P.)	T: 10	T: 50	T: 40
	P: 25,1 ± 2,75 (D.P.)	P: 25,1 ± 2,40 (D.P.)	P: 25,9 ± 2,97 (D.P.)			P: 398 ± 398 (D.P.)	P: 20	P: 30	P: 50
21 a 30/04/2004	M: 22,5 ± 2,01 (D.P.)	M: 21,8 ± 2,85 (D.P.)	M: 22,2 ± 3,28 (D.P.)	16,74 ± 1,26 (D.P.)	17,17 ± 1,14 (D.P.)	M: 352 ± 219 (D.P.)	M: 40	M: 30	M: 30
	M-d: 25,2 ± 2,55 (D.P.)	M-d: 23,5 ± 1,89 (D.P.)	M-d: 24,9 ± 1,84 (D.P.)			M-d: 589 ± 367 (D.P.)	M-d: 30	M-d: 20	M-d: 50
	T: 23,4 ± 1,67 (D.P.)	T: 23,2 ± 1,70 (D.P.)	T: 23,6 ± 2,39 (D.P.)			T: 69 ± 54 (D.P.)	T: 40	T: 20	T: 40
	P: 23,7 ± 2,32 (D.P.)	P: 22,8 ± 2,26 (D.P.)	P: 23,6 ± 2,73 (D.P.)			P: 337 ± 323 (D.P.)	P: 36,7	P: 23,3	P: 40
01 a 10/05/2004	M: 21,0 ± 1,40 (D.P.)	M: 20,3 ± 1,16 (D.P.)	M: 20,7 ± 1,47 (D.P.)	15,94 ± 1,33 (D.P.)	16,23 ± 1,57 (D.P.)	M: 298 ± 290 (D.P.)	M: 50	M: 10	M: 40
	M-d: 22,2 ± 2,11 (D.P.)	M-d: 21,3 ± 1,03 (D.P.)	M-d: 22,5 ± 2,28 (D.P.)			M-d: 421 ± 396 (D.P.)	M-d: 50	M-d: 20	M-d: 30
	T: 21,6 ± 1,05 (D.P.)	T: 21,8 ± 1,29 (D.P.)	T: 22,4 ± 1,92 (D.P.)			T: 32 ± 24 (D.P.)	T: 60	T: 0	T: 40
	P: 21,6 ± 1,62 (D.P.)	P: 21,1 ± 1,29 (D.P.)	P: 21,9 ± 2,04 (D.P.)			P: 250 ± 320 (D.P.)	P: 53,3	P: 10	P: 36,7
11 a 14/05/2004	M: 19,1 ± 0,25 (D.P.)	M: 19,0 ± 0,41 (D.P.)	M: 18,8 ± 0,50 (D.P.)	15,13 ± 0,52 (D.P.)	15,21 ± 0,52 (D.P.)	M: 157 ± 224 (D.P.)	M: 50	M: 25	M: 25
	M-d: 21,9 ± 1,84 (D.P.)	M-d: 20,8 ± 1,04 (D.P.)	M-d: 22,0 ± 2,27 (D.P.)			M-d: 558 ± 471 (D.P.)	M-d: 50	M-d: 0	M-d: 50
	T: 20,3 ± 1,04 (D.P.)	T: 21,2 ± 1,27 (D.P.)	T: 21,4 ± 1,84 (D.P.)			T: 26 ± 15 (D.P.)	T: 25	T: 25	T: 50
	P: 20,4 ± 1,62 (D.P.)	P: 20,3 ± 1,32 (D.P.)	P: 20,7 ± 2,13 (D.P.)			P: 247 ± 361 (D.P.)	P: 41,7	P: 16,7	P: 41,6
15 a 20/05/2004*	M: 19,3 ± 1,81 (D.P.)	M: 17,6 ± 0,80 (D.P.)	M: 17,8 ± 0,92 (D.P.)	23,18 ± 0,87 (D.P.)	22,88 ± 1,13 (D.P.)	M: 457 ± 238 (D.P.)	M: 0	M: 50	M: 50
	M-d: 21,2 ± 1,54 (D.P.)	M-d: 19,3 ± 0,49 (D.P.)	M-d: 20,7 ± 1,33 (D.P.)			M-d: 785 ± 268 (D.P.)	M-d: 0	M-d: 16,7	M-d: 83,3
	T: 18,3 ± 0,52 (D.P.)	T: 19,6 ± 0,92 (D.P.)	T: 20,4 ± 1,44 (D.P.)			T: 18 ± 5 (D.P.)	T: 0	T: 50	T: 50
	P: 19,6 ± 1,79 (D.P.)	P: 18,8 ± 1,17 (D.P.)	P: 19,6 ± 1,78 (D.P.)			P: 420 ± 377 (D.P.)	P: 0	P: 38,9	P: 61,1
21 a 30/05/2004	M: 18,0 ± 1,90 (D.P.)	M: 17,9 ± 1,70 (D.P.)	M: 18,7 ± 2,04 (D.P.)	20,57 ± 1,57 (D.P.)	20,90 ± 1,29 (D.P.)	M: 155 ± 134 (D.P.)	M: 30	M: 10	M: 60
	M-d: 20,3 ± 1,55 (D.P.)	M-d: 19,4 ± 1,13 (D.P.)	M-d: 20,3 ± 0,96 (D.P.)			M-d: 357 ± 224 (D.P.)	M-d: 30	M-d: 40	M-d: 30
	T: 18,7 ± 0,90 (D.P.)	T: 19,2 ± 1,28 (D.P.)	T: 20,3 ± 1,36 (D.P.)			T: 124 ± 92 (D.P.)	T: 30	T: 40	T: 30
	P: 19,0 ± 1,66 (D.P.)	P: 18,8 ± 1,50 (D.P.)	P: 19,8 ± 1,65 (D.P.)			P: 212 ± 187 (D.P.)	P: 30	P: 30	P: 40

Crescimento dos camarões

As médias de peso verificadas inicialmente foram de $6,13g \pm 0,27$ e $6,08g \pm 0,24$ para os tratamentos com alga e sem alga, respectivamente. Após 51 dias, alcançaram as médias de peso equivalentes a $9,04g \pm 1,19$ e $8,80g \pm 1,13$ para os tratamentos com alga e sem alga, respectivamente. As médias do ganho em peso observadas nos dois tratamentos foram, respectivamente, de $2,91g \pm 0,37$ e $2,72g \pm 0,02$ para os tratamentos com alga e sem alga. (Fig. 6). Aplicando-se o teste de Tukey, não detectou-se diferença significativa entre o ganho em peso dos camarões cultivados nos tratamentos com alga e sem alga para $P > 0,05$.

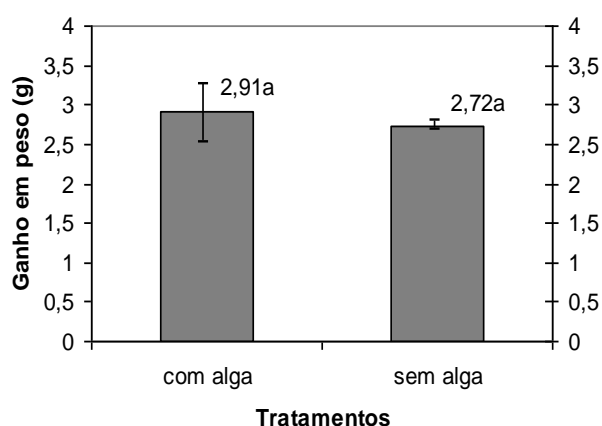


Figura 6 – Ganho em peso dos camarões em sistema fechado de recirculação com alga e sem alga, onde barras = desvio padrão.

As médias das temperaturas observadas entre os tanques de camarões e de estabilização, para os tratamentos com alga e sem alga, não apontaram diferença significativa $P > 0,05$. M, M-d e T significam valores médios dos parâmetros observados, respectivamente, durante a manhã (8:00 e 10:00h), durante o meio dia (12:00 e 14:00h) e durante a tarde (16:00 e 18:00h) em cada período. P significa a média geral dos parâmetros para cada período. D.P. significa o desvio padrão. *Período em que a salinidade dos tratamentos foi alterada. As condições do tempo foram monitoradas considerando-se 1 para tempo totalmente encoberto ou chuvoso, 2 para tempo parcialmente encoberto e 3 para tempo predominantemente ensolarado (Tab. 2).

Crescimento das algas

Ulva lactuca apresentou uma taxa de crescimento relativo muito modesta em salinidades próximas de 15ppt. Constatou-se apodrecimento parcial dos talos, resultando, em algumas ocasiões, na redução de sua biomassa. A alga obteve melhor resposta a partir da elevação da salinidade para ± 21 ppt, verificando-se uma taxa de crescimento mais elevada, maior resistência e integridade dos talos. Não foram constatadas alterações significativas nas taxas de crescimento com a redução da densidade de $500g \text{ tanque}^{-1}$ para $375g \text{ tanque}^{-1}$.

Análise de microalgas

Concentrações elevadas da Chlorophyta *Isochrysis sp.* em alguns tanques do sistema de recirculação foram identificadas (Fig.7).

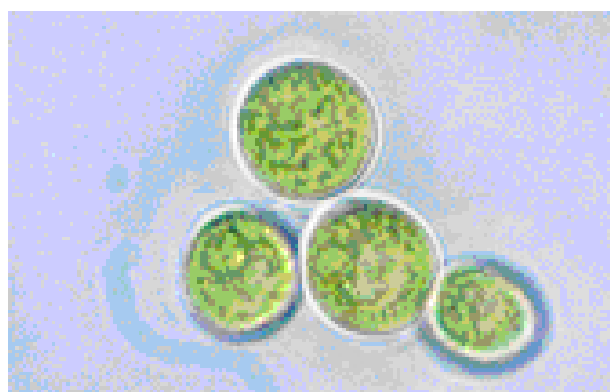


Figura 7 – Células da microalga verde *Isochrysis sp.* em interação com o sistema fechado de recirculação. Visualização em objetiva de emersão, ampliação de 100 vezes.

No tratamento com alga, encontrou-se as seguintes concentrações de *Isochrysis sp.* no sistema: repetição 1 = $1,11 \cdot 10^6$ (1.110.000) células mL^{-1} ; repetição 2 = $3,11 \cdot 10^6$ (3.110.000) células mL^{-1} e repetição 3 = $5,41 \cdot 10^5$ (541.000) células mL^{-1} . E no tratamento sem alga, as concentrações de *Isochrysis sp.* foram as seguintes: repetição 1 = $1,24 \cdot 10^6$ (1.240.000) células mL^{-1} ; repetição 2 = $2,18 \cdot 10^6$ (2.180.000) células mL^{-1} e repetição 3 = $2,54 \cdot 10^6$ (2.540.000) células mL^{-1} .

A réplica 2 do tratamento com alga e as réplicas 2 e 3 do tratamento sem alga apresentaram as maiores concentrações de *Isochrysis sp.*, onde a água nestes sistemas apresentaram uma coloração verde bastante intensa.

Remoção de N-NH_4^+ e P-PO_4^{3-}

Ulva lactuca mostrou eficiência na redução de N-amoniaco durante o experimento. No tratamento com alga registrou-se, em 46 dias, uma diferença da concentração média inicial de $19,97\mu\text{M}$ para uma concentração média final $5,37\mu\text{M}$, equivalente a 73,11% da remoção de NH_4^+ (Fig.8a). Por outro lado, constatou-se que no sistema sem alga, o incremento de NH_4^+ foi de 326%, elevando de uma concentração média inicial de $20,97\mu\text{M}$ para $89,33\mu\text{M}$ em 46 dias (Fig.8a). Observou-se que a eficiência de remoção de NH_4^+ por *U. lactuca* entre os tratamentos foi de 94,0%. Constatou-se uma redução na concentração de N-amoniaco entre 15 e 24 de maio no tratamento sem alga.

Com relação ao ortofosfato, a média da concentração final aumentou de $1,32\mu\text{M}$ para $7,84\mu\text{M}$ no tratamento com alga, constatando-se que, após 46 dias, ela foi inferior em 39,5% a do tratamento sem alga. Neste tratamento, a média da concentração de ortofosfato saltou de $1,63\mu\text{M}$ para $12,96\mu\text{M}$ (Fig. 8b).

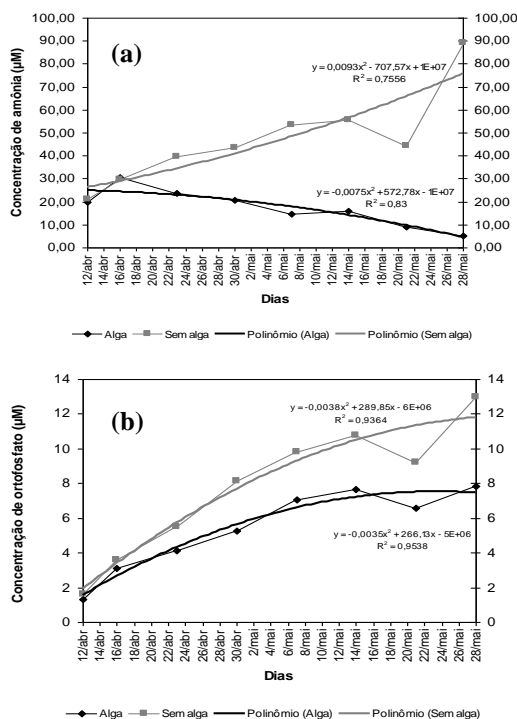


Figura 8 – Dispersão e regressão polinomial das concentrações dos nutrientes em sistemas de recirculação com alga e sem alga, durante 46 dias. (a) dinâmica de N-NH_4^+ ; (b) dinâmica de P-PO_4^{3-} .

Também ficou constatado uma ligeira redução nas concentrações dos dois tratamentos entre 15 e 24 de maio.

Discussão

A maior taxa de crescimento obtida na densidade de 1g L^{-1} (Tab. 1) também foi observada por Jiménez Del Río et al. (1996) em estudos realizados com *Ulva rigida*. Segundo estes autores, as taxas de crescimento para esta espécie foram decrescentes a partir de densidades superiores a $2,5\text{g L}^{-1}$. Foi constatado no presente estudo, com *U. lactuca*, redução das taxas de crescimento em densidades superiores a 3g L^{-1} (Tab. 1). Entretanto, para as culturas de *Ulva* em escalas maiores, Debusk et al. (1986) e Hanisak (1987) obtiveram uma produção mais significativa em densidade de $0,8\text{kg m}^{-2}$. Neori et al. (1991) encontraram uma densidade ótima de 1kg m^{-2} para *U. lactuca*.

A mesma espécie obteve melhor relação entre taxa de crescimento e absorção de nutrientes em densidades próximas de 2g L^{-1} (Ryther et al., 1984). Entretanto, constatou-se no presente trabalho, uma melhor relação entre taxa de crescimento e remoção de nutrientes na densidade de 3g L^{-1} (Tab. 1 e Fig.8.). Mas esta densidade ótima se torna conveniente quando empregada em volumes pequenos ou superfícies rasas, inferiores a 30cm de lâmina d'água. Densidades entre 1 e 2g L^{-1} são mais convenientes quando empregadas em cultivos integrados com camarões marinhos em fazendas, pois a diluição dos nutrientes se torna proporcionalmente maior com o volume de água. Além disso, estas densidades mais baixas possibilitam uma taxa de crescimento mais elevada e permitem que parte dos nutrientes sustente os fitoplânctons, indispensável para a cadeia produtiva em cultivos de camarões marinhos.

A eficiência de remoção de NH_4^+ superior a 90% observada nas densidades de 2, 3 e 4g L^{-1} constatadas neste experimento (Fig.8) também foram reportadas por Harlin et al. (1978) nos primeiros trabalhos realizados com *U. lactuca*.

As baixas temperaturas registradas nos meses de abril e maio (Tab.2) foram determinantes para o baixo crescimento dos camarões. A ração consumida pelos crustáceos não foi convertida em peso ou crescimento. De acordo com pesquisas realizadas acerca do *Litopenaeus vannamei* em Santa Catarina, a faixa ótima de temperatura para a referida

espécie é de 26 a 30°C. De 22 a 26°C é considerado razoável e de 18 a 22°C é ruim. Temperaturas inferiores a 18°C se tornam críticas para o cultivo deste camarão, pois além de serem letais, o animal deixa de se alimentar.

O baixo crescimento dos camarões registrado no final do experimento também foi refletido em todas as fazendas de camarões marinhos de Santa Catarina no mesmo período de 2004. Para que não houvesse perda total da produção, os carcinicultores despescaram os camarões no início de junho com peso médio de 9 gramas, semelhante à média do peso final observada neste trabalho.

As baixas temperaturas também podem ter interferido no crescimento das algas no sistema de recirculação. De acordo com Pagand (1999), temperaturas mais altas são convenientes para o crescimento de *Ulva sp.*

Com relação à salinidade, estudos sob condições controladas em laboratório demonstraram que *U. lactuca*, em apenas nove dias, apresentou uma taxa média de crescimento relativo na ordem de 8,43% dia⁻¹ em 15ppt contra 7,62% dia⁻¹ em 25ppt (Alencar et al., 2003). Por outro lado, o efeito das concentrações próximas de 15ppt relacionado às adversidades climáticas, possivelmente contribuíram nas baixas taxas de crescimento, além do apodrecimento parcial dos talos de *U. lactuca*, observados no experimento de recirculação. O estresse promovido pela baixa salinidade inicial pode ter desencadeado a produção de diamina (putrescina). Segundo Sheviakova et al. (1985) e Willadino et al. (1996), a putrescina é um produto resultante da putrefação das albuminas, causada por diversos fatores estressantes, inclusive salinidade. De acordo com Camara et al. (1998), as alterações no potencial osmótico, na toxicidade dos íons e no desequilíbrio da absorção de nutrientes essenciais são reflexos relacionados aos efeitos da salinidade sobre a planta.

Em estudos realizados em Taiwan, Lee (1998) constatou elevada concentração de putrescina (aproximadamente 2000nmol g⁻¹ de peso seco) em *U. lactuca*, quando submetida à hiposalinidade. Segundo este autor, a toxicidade da putrescina em salinidade de 5ppt resultou para a espécie em uma taxa de crescimento específico negativa (aproximadamente -9% dia⁻¹).

A salinidade também é considerada um parâmetro de grande relevância para os cultivos do camarão marinho *Litopenaeus vannamei*. De acordo com Castille Jr. & Lawrence (1981), o ponto de equilíbrio osmótico para a espécie é 24,7ppt. Entretanto, a faixa iso-osmótica estudada por Rodriguez (1981) encontra-se entre 18 e 20ppt. Segundo BOYD (1989), a faixa de salinidade ideal para o cultivo desta espécie encontra-se entre 15 e 25ppt. Estes estudos confirmam que a faixa de salinidade adequada para o cultivo integrado entre *Ulva lactuca* e *Litopenaeus vannamei* encontra-se entre 20 e 25ppt.

As condições desfavoráveis do tempo que contribuíram com a baixa intensidade luminosa nos períodos de 01 a 14 de maio (Tab.2), também foram responsáveis pelo baixo crescimento da alga. Estudos realizados por Floreto et al. (1993), com *U. pertusa*, confirmaram que baixas intensidades de luz, entre 48 e 64μE m⁻² s⁻¹, foram responsáveis por taxas de crescimento muito reduzidas. Condições semelhantes foram observadas por Duke et al. (1986) com *U. curvata*. Segundo este autor, as baixas intensidades luminosas contribuem, por consequência, na fragmentação dos talos e dos tecidos da alga. Tais condições também foram observadas no presente trabalho de recirculação com *U. lactuca*.

Apesar do baixo crescimento de *U. lactuca* registrado neste trabalho, o resultado foi bastante animador, podendo comprovar a eficiência da espécie como biofiltro, reduzindo em 90% a amônia gerada pelos efluentes dos camarões em sistema fechado de recirculação. Resultado bastante semelhante, com 80% de remoção da amônia, foi obtido através de sistema de recirculação, integrando *U. lactuca* como biofiltro e abalone à piscicultura intensiva do pargo europeu, *Sparus aurata* (Neori et al., 1999). Schuenhoff et al. (2003) obteve 96% da eliminação de N-total em sistema de semi-recirculação, utilizando *U. lactuca* e abalone integrados à piscicultura intensiva de *S. aurata*. A remoção total de N-amoniaco foi observada por Ellner et al. (1996), em Israel, através de sistema de recirculação, integrando *U. lactuca* e *S. aurata*. Lartigue et al. (2003), estudando esta macroalga, constataram que não houve correlação entre o estresse causado por

diferentes faixas de salinidades e a eficiência de remoção de NH_4^+ .

Com relação ao ortofosfato, a remoção de 39,5% do sistema, apesar do baixo crescimento e do fator de estresse sofrido pela alga, foi considerado bastante positivo. A ligeira tendência de estabilização do ortofosfato a partir de 15 de maio apontou uma possível resposta da alga à faixa mais adequada de salinidade, entre 20 e 23ppt. Estudos realizados por Pagand et al. (2000), mostraram que a eficiência de remoção de fósforo por estas algas varia de 0 a 82%. Porrello et al. (2003) constataram, em sistema de fitotratamento com *U. rigida*, uma redução de 15% nas concentrações de ortofosfato geradas pelos efluentes da piscicultura intensiva na região da Toscana. Segundo estes autores, a razão N/P continua sendo uma fonte distorcida.

Possivelmente, o acúmulo de ortofosfato no decorrer do experimento contribuiu com o bloom de *Isochrysis* observado em alguns tanques. O declínio de NH_4^+ , ocorrido no tratamento sem alga, e de PO_4^{3-} , ocorrido nos dois tratamentos, entre 15 e 24 de maio (Fig. 8a e 8b), foram gerados pela renovação de 30% da água para elevação da salinidade do sistema.

5 CONCLUSÕES

O presente trabalho mostrou que *U. lactuca* oferece um perfil adequado à integração com *Litopenaeus vannamei* em sistema fechado de recirculação, cujos fatores ambientais, principalmente de temperatura e salinidade, são correspondentes tanto para a alga quanto para o camarão. A sazonalidade de *U. lactuca* observada entre a primavera e o outono no sul do Brasil e durante o ano inteiro no nordeste brasileiro coincidem com os períodos de cultivo do camarão branco do Pacífico, *L. vannamei*, respectivamente para as duas regiões brasileiras. Além disso, o trabalho mostrou que *U. lactuca* pode contribuir com a redução dos excessos de nutrientes, minimizando os possíveis impactos de eutrofização nos ambientes de cultivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACKEFORS, H.; ENNEL, M. Discharge of nutrients from Swedish fish farming to adjacent sea areas. *Ambio*, n.19, p.28-35, 1990.

ALENCAR, J. R.; HORTA, P. A.; EMOTO, S. T.; DUTRA, F. S.; WEISS, L. A.; BOUZON, Z. L. Evaluation of *Ulva lactuca* (ULVALES, CHLOROPHYTA) growth in different salinities - an alternative for the treatment of carciniculture effluents in the south of Brazil. *World Aquaculture*. (2003: Salvador). Anais. Salvador: INVE, v.1, p.28, 2003.

ALTAMIRANO, M.; FLORES-MOYA, A.; CONDE, F. & FIGUEROA, F. L. Growth seasonality, photosynthetic pigments, and carbon and nitrogen content in relation to environmental factors: a field study of *Ulva olivascens* (Ulvales, Chlorophyta). *Phycologia*, v.39, n.1, p.50-58, 2000.

ALTAMIRANO, M.; FLORES-MOYA, A.; FIGUEROA, F. L. Long-term effects of natural sunlight under various ultraviolet radiation conditions on growth and photosynthesis of intertidal *Ulva rigida* (Chlorophyta) cultivated in situ. *Botanica Marina*, v.43, p.119-126, 2000.

ANDREATTA, E. R.; BELTRAME, E. Aqüicultura: experiências brasileiras. In: POLI, C. R.; POLI, A. T. B.; ANDREATTA, E. R.; BELTRAME, E. (Eds.) *Cultivo de camarões marinhos*. Florianópolis: Multitarefa, p.199-220, 2004.

BIAO, X.; ZHUHONG, D.; XIAORONG, W. Impact of the intensive shrimp farming on the water quality of the adjacent coastal creeks from Eastern China. *Marine Pollution Bulletin*, n.48, p.543-553, 2004.

BOYD, C. E. Water quality management and aeration in shrimps farming. *Fisheries and Allied Aquaculture Departmental Series n. 2*, Alabama Agricultural Experiment Station. Auburn: Auburn University, 83p., 1989.

BOYD, C. *Water quality in ponds for aquaculture*. Alabama: Auburn University, Alabama. Birmingham Publishing Co., 482p., 1990.

- BOYD, C. E. Shrimp pond management techniques for maintaining acceptable bottom soil and water quality. In: AQUACULTURA BRASIL'98 (1998: Recife). Anais. Recife: Persona, v.1, p.115-145, 1998b.
- BOYD, C. E. Efluentes de fazendas de camarão durante a drenagem para despesca. *Revista ABCC*. Ano 2, n.3, p.40-41, 2000.
- BRZESKI, V.; NEWKIRK, G. F. Integrated coastal food production systems – a review of current literature. *Ocean Coast. Manag.*, v.34, p.55-71, 1997.
- BUSCHMANN, A. H.; WESTERMEIER, R. & RETAMALES, C. A. Cultivation of *Gracilaria* on the sea-bottom in southern Chile: a review. *Journal of Applied Phycology*, v.7, p.291-301, 1995.
- CABELLO-PASINI, A.; AGUIRRE-von-WOBESER, E.; FIGUEROA, F. L. Photoinhibition of photosynthesis in *Macrocystis pyrifera* (Phaeophyceae), *Condrus crispus* (Rhodophyceae) and *Ulva lactuca* (Chlorophyceae) in outdoor culture systems. *Journal of photochemistry and photobiology B: Biology*, n.57, p.169-178, 2000.
- CAMARA, T. R.; WILLADINO, L.; TORNÉ, J. M.; RODRIGUEZ, P.; SANTOS, M. A. Efeito da putrescina e do estresse salino em calos de milho. *Revista Brasileira de Ficologia Vegetal*, n.10, v.2, p.153-156, 1998.
- CARVALHO, J. C. Resolução Conama no 312, de 10 de outubro de 2002. *Diário Oficial da União*, Brasília, n.203, seção 1, p.60, 18 out., 2002.
- CARVALHO FILHO, J. O camarão ecologicamente correto de Santa Catarina ou o jeito catarinense de criar camarão. *Panorama da Aqüicultura*, Rio de Janeiro, v.12, n.74, p.36-41, 2002.
- CARVALHO FILHO, J. Algas: uma alternativa para as comunidades pesqueiras? *Panorama da Aqüicultura*, Rio de Janeiro, v.14, n.84, p.53-56, 2004.
- CASTILLE Jr., F. ; LAWRENCE, A. The effect of salinity on the osmotic, sodium, and chloride concentrations in the hemolymph of euryhaline shrimp of the genus *Penaeus*. *Comparative Biochemistry and Physiology*, v.A68, p.75-80, 1981.
- CHOPIN, T.; BUSCHMANN, A. H.; HALLING, C.; TROELL, M.; KAUTSKY, N.; NEORI, A.; KRAEMER, G.; ZERTUCHE-GONZALES, J.; YARISH, C. ; NEEFUS, C. Integrating seaweeds into aquaculture systems: a key towards sustainability. *J. Phycol.*, n.37, p.975-986, 2001.
- CHOW, F.; MACCHIAVELLO, J.; CRUZ, S. S.; FONCK, E. ; OLIVARES, J. Utilization of *Gracilaria chilensis* (Rhodophyta: Gracilariaceae) as a biofilter in the depuration of effluents from tank cultures of fish, oysters, and sea urchins. *Journal of the World Aquaculture Society*, v.32, n.2, p.215-220, 2001.
- COUTINHO, R.; ZINGMARK, R. Interactions of light and nitrogen on photosynthesis and growth of the marine macroalga *Ulva curvata* (Kützinger) De Toni. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, n.167, p.11-19, 1993.
- CRITCHLEY, A. T.; OHNO, M. Seaweed resources of the world. Yokosuka: Japan International Cooperation Agency, 431p., 1998.
- DANOVARO, R.; GAMBI, C.; LUNA, G. M. & MIRTO, S. Sustainable impact of mussel farming in the Adriatic Sea (Mediterranean Sea): evidence from biochemical, microbial and meiofaunal indicators. *Marine Pollution Bulletin*, n.49, p.325–333, 2004.
- DAWES, C. J. *Marine Botany*. 2.ed., New York: Wiley Interscience Publication, 480p., 1998.
- DeBUSK, T. A.; BLAKESLEE, M. & RYTHER, J. H. Studies on the outdoor cultivation of *Ulva lactuca*. *Botanic Marina*, n.34, p.381-386, 1986.
- DUKE, C. S.; LAPOINTE, B. E.; RAMUS, J. Effects of light on growth, RuBPCase activity and chemical composition of *Ulva* species

- (Chlorophyta). *Journal of Phycology*, v.22, p.362-370, 1986.
- ELLNER, S.; NEORI, A.; KROM, M. D.; TSAI, K. ; EASTERLING, M. R. Simulation model of recirculating mariculture with seaweed biofilter: development and experimental tests of the model. *Aquaculture*, Netherlands, v.2, n.143, p.167-184, 1996.
- ENNEL, M. Environmental impact of nutrients from nordic fish farming. *Water Science and Technology*, n. 10, p.61-71, 1995.
- FLORETO, E. A. T.; HIRATA, H.; ANDO, S. ; YAMASAKI, S. Effects of temperature, light intensity, salinity and source of nitrogen on the growth, total lipid and fatty acid composition of *Ulva pertusa* Kjellman (Chlorophyta). *Botanica Marina*, n.36, p.149-158, 1993.
- FONSECA, A. Distribuição espacial dos nutrientes inorgânicos dissolvidos e da biomassa fitoplanctônica no sistema pelágico da Lagoa da Conceição, Santa Catarina, Brasil. *Atlântica*, Rio Grande, v.24, n.2, p.69-83, 2002.
- FRAGA, A. P. C. *Caracterização da qualidade da água, dos sedimentos e dos efluentes gerados pela atividade de carcinicultura marinha, em duas fazendas no Estado de Santa Catarina - Brasil*. Florianópolis, 2002. Dissertação (Mestrado em Aqüicultura) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, 30p.
- GAYRAL, P. ; COSSON, J. *Connaître et reconnaître les algues marines*. Rennes (France): Ouest France, 322p., 1986.
- GORDILLO, F. J. L.; NIELL, F. X. ; FIGUEROA, F. L. Non-photosynthetic enhancement of growth by high CO₂ level in the nitrophilic seaweed *Ulva rigida* C. Agardh (Chlorophyta). *Planta*, n.213, p.64-70, 2001.
- GRASSHOFF, K. A., EHRHARDT, M. ; KREMLING, K. *Methods of seawater Analysis*. 2.ed., Verlag Chemie, 419p., 1983.
- GROBE, C. W.; MURPHY, T. M. Solar ultraviolet-B radiation effects on growth and pigment composition of the intertidal alga *Ulva expansa* (Setch.) S. ; G. (Chlorophyta). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, n.225, p.39-51, 1998.
- GRÜNEWALD, C. F. *Uso de las macroalgas y su contribución al desarrollo sustentable en el Archipiélago de Chiloé. Plancton Andino, Proyecto Piloto: producción de biogás (opción 3)*, 4p.:il, 2003.
- GUIRY, M. D. ; BLUNDEN, G. Conclusions and outlooks. In: GUIRY, M. D. ; BLUNDEN, G. (Eds.) *Seaweed resources in Europe: uses and potencial*. John Wiley ; Sons, p.409-413, 1991.
- HÄDER, D. P.; PORST, M. ; LEBERT, M. On site photosynthetic performance of Atlantic green algae. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, n.57, p.159-168, 2000.
- HAN, T.; HAN, Y. S.; KIM, K. Y.; KIM, J. H.; SHIN, H. W.; KAIN, J. M.; CALLOW, J. A. ; CALLOW, M. E. Influences of light and UV-B on growth and sporulation of the green alga *Ulva pertusa* Kjellman. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, n.290, p.115-131, 2003.
- HANISAK, M. D. Cultivation of *Gracilaria* and other macroalgae in Florida for energy production. *Dev. Aqua. Fish. Sc.*, p.191-218, 1987.
- HARLIN, M. M.; THORNE-MILLER, B. ; THURSBY, G. B. Ammonium uptake by *Gracilaria* sp. (Florideophyceae) and *Ulva lactuca* (Chlorophyceae) in closed system fish culture. *Proc. Int. Seaweed Symp.*, v.10, p.285-292, 1978.
- HENLEY, W. J. Growth and photosynthesis of *Ulva rotundata* (Chlorophyta) as a function of temperature and square wave irradiance in indoor culture. *Journal of Phycology*, v.28, p.625-634, 1992.
- HERNÁNDEZ, I.; PERALTA, G.; PÉREZ-LLORENS, J. L.; VERGARA, J. J. ; NIEL, F. X. Biomass and growth dynamics of *Ulva*

- species in Palmones river estuary. *Journal of Phycology*, n.33, p.764-772, 1997.
- HO, K. T.; KUHN, A.; PELLETIER, M. C.; BURGESS, R. M. ; HELMSTETTER, A. Use of *Ulva lactuca* distinguish ph-dependent toxicants in marine waters and sediments. *Environmental Toxicology and Chemistry*, v.18, n.2, p. 207-212, 1999.
- JIMÉNEZ DEL RÍO, M.; RAMAZANOV, Z. ; GARCÍA-REINA, G. *Ulva rigida* (Ulvales, Chlorophyta) tank culture as biofilters for dissolved inorganic nitrogen from fishpond effluents. *Hidrobiologia*, Belgium, n.326/327, p.61-66, 1996.
- KING, R. J. ; SCHRAMM, W. Photosynthetic rates of benthic marine algae in relation to light intensity and seasonal variations. *Marine Biology*, n.37, p.215-222, 1976.
- KIRK, J. T. O. *Light and photosynthesis in aquatic ecosystems*. 2.ed., Cambridge: Cambridge University Press, 509p.:il, 1994.
- KLIMMEK, S. *Charakterisierung der Biosorption von Schwermetallen an Algen*. Berlin, Deutschland, 2003. Thesis (Doktorwürde der Naturwissenschaften) – Prozesswissenschaften der Technischen Universität Berlin, 161 p.
- KUBITZA, F. *Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões*. Jundiaí: F. Kubitza, 229p.:il, 2003.
- LAPOINTE, B. E.; TENORE, K. R. Experimental outdoor studies with *Ulva fasciata* Dalile. I. Interaction of light and nitrogen on nutrient uptake, growth, and biochemical composition. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, v.53, p.135-152 , 1981.
- LAPOINTE, B. E. ; DUKE, C. S. Biochemical strategies for growth of *Gracilaria tikvahiae* (Rhodophyta) in relation to light intensity and nitrogen availability. *Journal of Phycology*, n.20, p.488-495, 1984.
- LARTIGUE, J.; NEILL, A.; HAYDEN, B. L.; PULFER, J.; CEBRIAN, J. The impact of salinity fluctuations on net oxygen production and inorganic nitrogen uptake by *Ulva lactuca* (Chlorophyceae). *Aquatic Botany*, n.75, p. 339-350, 2003.
- LEE, T. M., Investigations of some intertidal green macroalgae to hyposaline stress: Detrimental role of putrescine under extreme hyposaline conditions. *Plant Science*, n.138, p.1-8, 1998.
- LEVY, O.; DUBINSKY, Z.; SCHNEIDER, K.; ACHITUV, Y.; ZAKAI, D. ; GORBUNOV, M. Y. Diurnal hysteresis in coral photosynthesis. *Marine Ecology Progress Series*, v.268, p.105-117, 2004.
- LOBBAN, C. S. ; HARRISON, J. P. *Seaweed ecology and physiology*. Cambridge: Cambridge University Press, 366p.:il., 1994.
- MARINHO-SORIANO, E.; MORALES, C.; MOREIRA, W. C. Cultivation of *Gracilaria* (Rhodophyta) in shrimp pond effluents in Brazil. *Aquaculture Research*, n.33, p.1081-1086, 2002.
- MAUSETTH, J. D. *Botany: an introduction to plant biology*. 2.ed. San Francisco: Saunders College Publishing, 794p.:il., 1995.
- McVEY, J. P.; STICKNEY, R.; YARISH, C. ; CHOPIN, T. Aquatic polyculture and balanced ecosystem management: new paradigms for seafood production. In: STICKNEY, R. ; McVEY, J. P. (Eds.) *Responsible marine aquaculture*. Oxon (UK): CABI Publishing, p.91-104, 2002.
- MENZ, A.; BLAKE, B. F. Experiments on the growth of *Penaeus vannamei* Boone. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, n. 48, p.99-111, 1980.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. *Plataforma tecnológica do camarão marinho cultivado: seguimento de mercado*. Brasília: MAPA/SARC/DPA, CNPq, ABCC, 276p. 2001.
- NEORI, A.; COHEN, I. ; GORDIN, H. *Ulva lactuca* biofilters for marine fishpond effluents.

- II. Growth rate, yield and C : N ratio. *Botanica Marine*, n.34, p.483-489, 1991.
- NEORI, A. ; SHPIGEL, M. Algae treat effluents and feed invertebrates in sustainable integrated mariculture. *World Aquaculture*, n.30, p.46-51, 1999.
- NEORI, A.; SHPIGEL, M. ; BEN-EZRA, D. A sustainable integrated system for culture of fish, seaweed and abalone. *Aquaculture*, Netherlands, n.186, p.279-291, 2000.
- NEORI, A.; MSUYA, F. E.; SHAULI, L.; SCHUENHOFF, A.; KOPEL, F.; SHPIGEL, M. A novel three-stage seaweed (*Ulva lactuca*) biofilter design for integrated mariculture. *Journal of Applied Phycology*, Belgium, v.15, p.543-553, 2003.
- NEORI, A.; CHOPIN, T.; TROELL, M.; BUSCHMANN, A. H.; KRAEMER, G. P.; HALLING, C.; SHPIGEL, M. ; YARISH, C. Integrated aquaculture: rationale, evolution and state of the art emphasizing seaweed biofiltration in modern mariculture. *Aquaculture*, n.231, p.361-391, 2004.
- NUNES, A. J. P. Tratamento de efluentes e recirculação de água na engorda de camarão marinho. *Panorama da Aqüicultura*, Rio de Janeiro, v.12, n.71, p.27-39, 2002.
- OLIVEIRA, E. C. The rationale for seaweed cultivation in South America. In: OLIVEIRA, E. C. e KAUTSKY, N. (Eds.) *Cultivation of seaweeds in Latin America*. Universidade de São Paulo/Int. Foundation for Science, p.135-141, 1989.
- PAGAND, P. *Traitement des effluents piscicoles marins par lagunage a haut rendement algal*. Montpellier, France, 1999. Thèse (Doctorat en Hydrologie – Sciences de l’Eau et Aménagement) – Unités de Formation et de Recherche Pharmaceutiques, Université de Montpellier I. p.44-179.
- PAGAND, P.; BLANCHETON, J. P.; LEMOALLE, J. ; CASELLAS, C. The use of high rate algal ponds for the treatment of marine effluent from a recirculating fish rearing system. *Aquaculture Research*, n.31, p.729-736, 2000.
- PÁEZ-OSUNA, F.; GUERRERO-GALVÁN, S. R.; RUIZ-FERNÁNDEZ, A. C. ; ESPINOZA-ANGULO, R. Fluxes and mass balances of nutrients in a semi-intensive shrimp farm in north-western Mexico. *Marine Pollution Bulletin*, v.34, n.5, p.290-297, 1997.
- PÁEZ-OSUNA, F.; GUERRERO-GALVÁN, S. R. ; RUIZ-FERNÁNDEZ, A. C. Discharge of nutrients from shrimp farming to coastal waters of the Gulf of California. *Marine Pollution Bulletin*, v.38, n.7, p.585-592, 1999.
- PÉREZ-RODRÍGUEZ, E.; GÓMEZ, I.; KARSTEN, U. ; FIGUEROA, F. L. Effects of UV radiation on photosynthesis and excretion of UV-absorbing compounds of *Dasycladus vermicularis* (Dasycladales, Chlorophyta) from southern Spain. *Phycologia*, v.37, n.5, p.379-387, 1998.
- PORRELLO, S.; LENZI, M.; PERSIA, E.; TOMASSETTI, P.; FINOIA, M. G. Reduction of aquaculture wastewater eutrophication by phytotreatment ponds system: I. dissolved and particulate nitrogen and phosphorus. *Aquaculture*, Netherlands, n.219, p.515-529, 2003.
- RINCONES, L. R. E. Marine agronomy: a sustainable alternative for coastal communities in developing countries. *The Advocate*, v.3, n.2, p.70-72, 2000.
- RODRIGUEZ, G. A. Osmoregulation and total serum protein of two species of penaeidean shrimp from the Pacific coast of Mexico. *J. Crustac. Biol.*, v.1, p.391-400, 1981.
- ROUBACH, R.; CORREIA, E. S.; MARTINO, R. C. ; CAVALLI, R. O. Aqüicultura brasileira. *Panorama da Aqüicultura*, Rio de Janeiro, v.13, n.76, p.47-61, 2003.
- RUNCIE, J. W.; RITCHIE, R. J. ; LARKUM, A. W. D. Uptake kinetics and assimilation of inorganic nitrogen by *Catenella nipae* and *Ulva lactuca*. *Aquatic Botany*. n.76, p. 155-174, 2003.

- RYTHER, J. H.; DeBUSK, T. A. ; BLAKESLEE, M. *Cultivation and conversion of marine macroalgae*. Final Subcontract Report to SERI, the U.S. Dept. of Energy, Publication SERI/STR – 231-2360 DE 84004522, 81p., 1984.
- SALISBURY, F. B. ; ROSS, C. W. *Plant physiology*. 4.ed., Belmont, California (USA): Wadsworth Publishing Company, 682p.:il, 1992.
- SANTOS, D. P. *Clorofíceas bentônicas marinhas do Estado de Santa Catarina*. São Paulo, 1983. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, 166p.
- SCHUENHOFF, A.; SHPIGEL, M.; LUPATSCH, I.; ASHKENAZI, A.; MSUYA, F. E. ; NEORI, A. A semi-recirculating, integrated system for the culture of fish and seaweed. *Aquaculture*, Netherlands, n.221, p.167-181, 2003.
- SHEVYAKOVA, N. I.; STROGONOV, B. P. ; KIRYAN, G. I. Metabolism of polyamines in NaCl-resistant cell lines from *Nicotiana sylvestris*. *Plant Growth Regulation*, v.3, p.365-369, 1985
- SOUZA FILHO, J.; COSTA, S. W. da; TUTIDA, L. M.; FRIGO, T. B.; HERZOG, D. *Custo de produção do camarão marinho*. Ed. rev. Florianópolis: Instituto Cepa/SC/Epagri, 24p., 2003.
- SPIEKER, J. *Vorstudie zur Klärung der Relevanz der Gewässerflora (Makrophyten, Angiospermen, Großalgen) für die Bewertung des ökologischen Zustandes im Teileinzugsgebiet Tideelbe*. Arbeitsgemeinschaft EU – Wasserrahmenrichtlinie, ARGE Elbe: Hamburg, v.-n.W39/00, 46p.:il, 2001.
- SWANSON, A. K.; DRUEHL, L. D. Induction, exudation and the UV protective role of kelp phlorotannins. *Aquatic Botany*, n.73, p.241-253, 2002.
- TRÉGUER, P.; LE CORRE, P.. *Manual d'analyse des seis nutritifs dans léau de mer*. 2.ed., Brest: Université de Bretagne Occidentale, 110 p., 1976.
- TROELL, M.; HALLING, C.; NEORI, A.; CHOPIN, T.; BUSCHMANN, A. H.; KAUTSKY, N.; YARISH, C. Integrated mariculture: asking the right questions. *Aquaculture*, n.226, p.69-90, 2003.
- TUDGE, C. *The variety of life: the meaning of biodiversity*. New York: Oxford University Press, 528p.:il., 2000.
- VALENTI, W. C.; POLI, C. R.; PEREIRA, J. A. ; BORGHETTI, J. R. *Aqüicultura no Brasil: bases para um desenvolvimento sustentável*. Brasília: CNPq / Ministério da Ciência e Tecnologia, 399p.:il, 2000.
- VANDERMEULEN, H.; GORDIN, H. Ammonium uptake using *Ulva* (Chlorophyta) in intensive fishpond systems: mass culture and treatment of effluent. *Journal of Applied Phycology*, Belgium, v.2, p.363-374, 1990.
- VERGARA, J. J.; PÉREZ-LLORENS, J. L.; PERALTA, G.; HERNÁNDEZ, I. ; NIELL, F. X. Seasonal variation of photosynthetic performance and light attenuation in *Ulva* canopies from Palmones river estuary. *Journal of Phycology*, n.33, p.773-779, 1997.
- VILLARREAL, H.; HINOJOSA, P.; NARANJO, J. Effect of temperature and salinity on the oxygen consumption of laboratory produced *Penaeus vannamei* postlarvae. *Comp. Biochem. Physiol.*, v.108A, n.2/3, p.331-336, 1994.
- WERLINGER, C. ; ALVEAL, K. Macroalgas de interés económico: cultivo, manejo, industrialización. In: FERRARIO, M. ; SAR, E. (Eds.) *Influencias de factores abióticos en el cultivo de algas*. La Plata (Argentina): Universidad Nacional de la Plata, p.199-228, 1996.
- WILLADINO, L.; CAMARA, T.; BOGET, N.; CLAPAROLS, I. ; TORNÉ, J. M. Polyamine and free amino acid variations in NaCl-treated

embryogenic maize callus from sensitive and tolerant cultivars. *Journal of Plant Physiology*, n. 147, p. 179-185, 1996.

ZAIKSO, A. L. B. Macroalgas de interés económico: cultivo, manejo, industrialización. In: FERRARIO, M. ; SAR, E. (Eds.) *Utilización de las algas marinas*. La Plata (Argentina): Universidad Nacional de la Plata, p.15-55, 1996.

ZAR, J. H. *Biostatistical analysis*. 4.ed. New Jersey: Upper Saddle River, 1999.

ZEMKE-WHITE, W. L. *Environmental impacts of seaweed farming in the tropics*. Report commissioned by conservation international. 89p., 2000.

[1] Engenheiro de Aqüicultura, Mestre em Aqüicultura, Rua Vitória Régia, 124. Córrego Grande – CEP 88037-130 – Florianópolis, SC, e_mail: jefferson.alencar@gmail.com. Autor para correspondência

[2] Professor, Dr. em Ciências Biológicas. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas, Departamento de Botânica. Laboratório de Ficologia. Trindade – CEP 88010-970 - Florianópolis, SC, e_mail: pahorta@ufsc.br

[3] Professor, Pós-Doc em Engenharia Ambiental, Núcleo de Estudos Ambientais (NEA) do Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia, Rua Barão de Geremoabo s/nº, Sala 305-A – Ondina - CEP. 40170-290 - Salvador, Bahia, e_mail: joil@ufba.br