



Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Centro de Biociências
Departamento de Oceanografia e Limnologia
Mestrado em Bioecologia Aquática

**UTILIZAÇÃO DA MACROALGA *Ulva lactuca* Linnaeus
NA REDUÇÃO DE NUTRIENTES (NH_4^+ , NO_3^- e PO_4^{-2})
PROVENIENTES DA CARCINICULTURA**

Vanessa Macedo Freire da Costa

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Eliane Marinho Soriano

**Natal, RN
SETEMBRO de 2006**



Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Centro de Biociências
Departamento de Oceanografia e Limnologia
Mestrado em Bioecologia Aquática

**UTILIZAÇÃO DA MACROALGA *Ulva lactuca* Linnaeus
NA REDUÇÃO DE NUTRIENTES (NH_4^+ , NO_3^- e PO_4^{-2})
PROVENIENTES DA CARCINICULTURA (Análise
Laboratorial e de Campo)**

Vanessa Macedo Freire da Costa

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Eliane Marinho Soriano

Dissertação apresentada ao departamento de Oceanografia e Limnologia da UFRN, como requerimento para a conclusão do PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOECOLOGIA AQUÁTICA.

**Natal, RN
SETEMBRO de 2006**

Divisão de Serviços Técnicos

Catálogo da Publicação na Fonte. UFRN / Biblioteca Central Zila Mamede

Costa, Vanessa Macedo Freire da.

Utilização da macroalga *Ulva lactuca linnaeus* na redução de nutrientes (NH_4^+ , NO_3^- e PO_4^{2-}) provenientes da carcinicultura / Vanessa Macedo Freire da Costa. – Natal, RN, 2006.

62 f.

Orientadora : Eliane Marinho Soriano.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Biociências. Programa de Pós-graduação em Bioecologia Aquática.

1. Macroalgas – Dissertação. 2. Aquicultura – Dissertação. 3. Carcinicultura – Dissertação. 4. Nutrientes – Dissertação. 5. *Ulva lactuca* - Dissertação. I. Soriano, Eliane Marinho. II. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. III. Título.

RN/UF/BCZM

CDU 639.64(043.3)

DISSERTAÇÃO apresentada ao Departamento de Oceanografia e Limnologia da UFRN, como requisito obrigatório para a conclusão do PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOECOLOGIA AQUÁTICA.

Vanessa Macedo Freire da Costa

Mestranda

Banca Examinadora

Prof^a. Dr^a. Eliane Marinho Soriano
DOL-UFRN

Prof. Dr. Marcos Rogério Câmara
DOL-UFRN

Prof^a. Dr^a. Claudenice Moreira dos Santos
DOL-UFRN

Prof^a. Dr^a. Maria das Dores Melo
UNP

Natal, RN
SETEMBRO de 2006

Dedico esta Tese aos meus melhores amigos: Deus, Jesus, meu pai Marcos, minha mãe Rosana, minha segunda mãe Wilma, meu filho Dinho, minha avó Celina, meus irmãos Marquinho, Juliana e Ulysses e meu marido Ricardo. Eles são o quê tenho de mais precioso, neles eu sempre encontrei todo amor, dedicação e incentivo para seguir em frente.

AGRADECIMENTOS:

Agradeço em primeiro lugar ao meu Deus e ao seu filho Jesus, por toda proteção, saúde, força e coragem, que precisei para poder seguir adiante em mais um desafio na minha vida.

Agradeço ao meu pai Marcos, pela dedicação, pelo apoio incondicional e principalmente por ter ido fazer uma coleta comigo num dia chuvoso e difícil, esse foi um gesto muito especial do qual nunca vou esquecer.

Agradeço a minha mãe Rosana, pela preocupação diária, por ter me proporcionado meu 1º emprego, por me incentivar nos estudos e ser tão solidária e amiga nos momentos difíceis. Agradeço a minha segunda mãe Wilma, pelos bons conselhos, pelos cuidados comigo e com Dinho, por ser sempre tão atenciosa e dedicada e não deixar nos faltar nada.

Agradeço ao meu marido Ricardo por todo carinho, incentivo e ajuda com a formatação da tese e ao meu irmão Marquinho por ter me ajudado no período inicial, tirando fotos, me ajudando com as coletas, conseguindo material bibliográfico, além da grande amizade e companheirismo. Agradeço também aos meus irmãos Ulysses e Juliana pela ajuda com Dinho.

Agradeço a minha orientadora Eliane Marinho, por ter aceitado me orientar, pelos ensinamentos, pelos conselhos, pela compreensão, pela paciência nos momentos de divergências de idéias e pela grande ajuda na efetivação desse trabalho.

Agradeço aos colegas do laboratório de Macroalgas Dina, Marcela, Danielton, Sérgio e Leal pela grande ajuda no experimento e nas análises dos nutrientes; ao senhor Welligton, responsável pelas instalações elétricas; ao senhor Geraldo *in memoriam*, que conseguiu o material de laboratório e ao senhor Ricardo *in memoriam*, que foi um dos motoristas e que nos ajudou nas coletas. Agradeço também o incentivo dos amigos da EMPARN: Socorro, Gley, Ademilson, Fátima, Lígia, Alfredo, Josemir, Conceição, Patrícia, Luzana, Anália, Miriam, Salete, Marli, Ângela, Dantas, Simplício, Gevanice, Bruno, Juliana, Júnior, Maninho, Izinha, Avanice e Ernesto. Agradeço em especial, o companheirismo e o apoio das minhas grandes amigas da biologia, Andréa e Sheila.

Agradeço aos Professores Doutores Marcos Rogério Câmara, Claudenice Moreira e Maria das Dores Melo, por terem aceitado tão gentilmente fazer parte da banca. Agradeço a coordenação do Mestrado, principalmente ao Professor Jorje Lins, pelo apoio e encorajamento além da atenção e cordialidade. Agradeço também a ajuda dos colegas do mestrado Cecília, Juliana, Tuca e Felipe.

Agradeço ao Senhor Luiz Carlos Aldatz, administrador da fazenda TECNARÃO, que nos permitiu a execução do experimento de campo em um de seus viveiros e ao senhor José Moura, que nos acompanhou e nos ajudou com a coleta de dados.

E por fim agradeço a UFRN, que me deu todo suporte para a realização de um grande sonho, que foi minha formação acadêmica e a minha pós-graduação.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	07
LISTA DE FIGURAS	07
RESUMO	09
ABSTRACT	10
1.0 – INTRODUÇÃO	11
2.0 – OBJETIVOS	17
2.1 - Objetivo Geral	17
2.2 – Objetivos Específicos	17
3.0 - MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1- Descrição da Espécie	18
3.2 - Local e Procedimento de Coleta das Algas	22
3.3 – Experimento em Laboratório	24
3.4 - Experimento em Campo	26
4.0 – RESULTADOS	30
4.1- Experimento Laboratorial	30
4.1.1 – Temperatura	30
4.1.2 – Salinidade	31
4.1.3 – pH	32
4.1.4 – Nutrientes	32
4.1.5 – Biomassa	35
4.1.6 – TCR	36
4.1.7- Análise Estatística (Correlação de Pearson)	37
4.2 - Experimento de Campo	38
4.2.1 – Temperatura	38
4.2.2 – Salinidade	39
4.2.3 – pH	40
4.2.4 – O ₂ dissolvido	40
4.2.5 – Transparência	41
4.2.6 – Precipitações Pluviométricas	42
4.2.7 – Nutrientes	43
4.2.8 – Biomassa	45
4.2.9 – TCR	46
4.2.10 - Análise Estatística (Correlação de Pearson)	47
5.0 – DISCUSSÃO	48
6.0 – BIBLIOGRAFIA	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Parâmetros ambientais, biomassa e TCR (média ± desvio - padrão), obtidos no experimento laboratorial durante o período de estudo	pg. 30
Tabela 2: Coeficiente de correlação (n = 15) entre os parâmetros ambientais, biomassa e TCR	pg. 37
Tabela 3: Características ambientais (média ± desvio - padrão) da área do viveiro e biomassa e TCR de <i>Ulva lactuca</i> , para o período de estudo	pg. 38
Tabela 4: Coeficiente de correlação (n = 15) entre os parâmetros ambientais, biomassa e TCR	pg. 47

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Espécime de <i>Ulva lactuca</i> Linnaeus	pg. 18
Figura 2: <i>U. lactuca</i> encontrada na região intertidal da praia de Búzios - RN	pg. 19
Figura 3: <i>U. lactuca</i> encontrada em poças de maré na praia de Búzios – RN	pg. 20
Figura 4: Mapa (Búzios-RN, Brasil), mostrando a área de coleta	pg. 22
Figura 5: Aquário reserva – acondicionamento inicial das algas	pg. 23
Figura 6: Desenho Experimental – Laboratório	pg. 24
Figura 7: Fazenda TECNARÃO – Arez/RN	pg. 26
Figura 8: Desenho Experimental – Campo	pg. 27
Figura 9: Layout dos viveiros da Fazenda TECNARÃO com destaque para o viveiro –	pg. 28
Figura 10: Valores de temperatura registrados para o Experimento Laboratorial	pg. 31
Figura 11: Valores de salinidade registrados para o Experimento Laboratorial	pg. 31
Figura 12: Valores de pH registrados para o Experimento Laboratorial	pg. 32
Figura 13. Valores de amônio obtidos no Experimento Laboratorial	pg. 33
Figura 14. Valores do nitrato obtidos no Experimento Laboratorial	pg. 34

Figura 15. Valores do ortofosfato obtidos no Experimento Laboratorial	pg. 35
Figura 16. Valores de biomassa obtidos no Experimento Laboratorial	pg. 36
Figura 17. Valores da TCR obtidos no Experimento Laboratorial	pg. 37
Figura 18: Valores de temperatura registrados para o Experimento de Campo	pg. 39
Figura 19: Valores de salinidade registrados para o Experimento de Campo	pg. 39
Figura 20: Valores de pH registrados para o Experimento de Campo	pg. 40
Figura 21: Valores de O ₂ dissolvido registrados para o Experimento de Campo.....	pg. 41
Figura 22: Valores de transparência registrados para o Experimento de Campo	pg. 42
Figura 23: Valores de precipitações pluviométricas registrados para o Experimento de Campo	pg. 42
Figura 24. Valores de amônio obtidos no Experimento de Campo	pg. 43
Figura 25. Valores do nitrato obtidos no Experimento de Campo	pg. 44
Figura 26. Valores do ortofosfato obtidos no Experimento de Campo	pg. 45
Figura 27. Valores de biomassa obtidos no Experimento de Campo	pg. 45
Figura 28. Valores da TCR obtidos no Experimento de Campo	pg. 46

RESUMO

Dentre as macroalgas capazes de absorver altas concentrações de N e P dissolvidos na água, destaca-se a Chlorophyta *Ulva lactuca*, bastante adaptável e resistente às adversidades ambientais, como grandes variações de temperatura, salinidade, matéria orgânica e metais pesados. Trata-se também de uma espécie bastante comum nas áreas intertidais do litoral norte-riograndense. Devido a suas características ecológicas, fisiológicas e nutricionais, foi avaliado nesse estudo, o seu potencial como biofiltro na redução de NH_4^+ , NO_3^- e PO_4^{2-} , tanto em condições controladas como também em um viveiro de camarão. No experimento laboratorial, foram utilizados quatro aquários de vidro de 30 x 20 x 20cm com 10L de água, sendo três aquários experimentais contendo 20g de *U. lactuca* e um controle. O acréscimo de biomassa foi de 2,92g ($22,92 \pm 6,29\text{g}$; $p < 0,05$) em relação ao inóculo inicial de 20g, sob temperatura ($28,50 \pm 0,58^\circ\text{C}$), salinidade ($35,00 \pm 0,00\text{‰}$), pH ($8,26 \pm 0,02$) e luz constante ($250 \mu\text{mol.m}^2\text{s}^{-1}$). O crescimento positivo ($1,78 \pm 4,38\%\text{dia}^{-1}$; $p < 0,05$), juntamente com a alta eficiência de absorção de amônio (83%; $p < 0,001$), nitrato (83%; $p < 0,001$) e ortofosfato (53%; $p < 0,001$), demonstrou que, nessas condições, a *Ulva lactuca* absorveu os nutrientes e aumentou sua biomassa. Já no experimento de campo, realizado na fazenda TECNARÃO, situada no município de Arez/RN ($06^\circ 11' 40''$ Latitude Sul, e $35^\circ 09' 37''$ Longitude Oeste), foram utilizadas três gaiolas de PVC, posicionadas a 12cm da superfície da água, cada uma com dimensões de aproximadamente 59 x 59 x 15cm, onde foram colocadas 200g de *U. lactuca*. O ganho de biomassa de 3g ($203,00 \pm 41,02\text{g}$; $p < 0,001$) foi muito semelhante às condições controladas, demonstrando a adaptabilidade da espécie em condições ambientais variáveis, onde, apesar da temperatura pouco variável ($27,45 \pm 0,64^\circ\text{C}$), houve progressiva diminuição de salinidade (25 - 15‰), devido ao período de fortes chuvas ($34,70 \pm 23,78\text{mm}$). Somado a isso, foram observados vários fatores biológicos interferindo no viveiro, como a presença de epífitas, organismos endofíticos, “fouling” e a herbivoria por parte dos próprios camarões. Houve aumento nas concentrações de NH_4^+ ($4,36 \pm 1,69 \mu\text{mol.L}^{-1}$), NO_3^- ($0,17 \pm 0,25 \mu\text{mol.L}^{-1}$) e PO_4^{2-} ($0,41 \pm 0,13 \mu\text{mol.L}^{-1}$), coincidindo com o crescimento da espécie até a terceira semana. Todos os parâmetros ambientais analisados, assim como a biomassa e a Taxa de Crescimento Relativo (TCR), obtidos no campo, apresentaram variações altamente significativas ($p < 0,001$). As correlações observadas entre biomassa e NH_4^+ ($r = 0,82$; $p < 0,001$) e entre biomassa e PO_4^{2-} ($r = 0,87$; $p < 0,001$), indicam que esta espécie é capaz de ter um crescimento satisfatório nas condições eutróficas de um viveiro de camarão, sendo possível seu uso como biofiltro.

Palavras-chave: biofiltro, carcinicultura, macroalga, nutrientes, *Ulva lactuca*

ABSTRACT

Among the seaweeds able to absorb high N and P concentrations dissolved in water, the Chlorophyta *Ulva lactuca* stands out. This species is highly adaptable and resistant to environmental adversities such as high temperature, salinity, organic matter and heavy metal variations. It is also usually found in intertidal areas in the north-eastern littoral of Rio Grande do Norte (RN). In the present study, *U. lactuca* was evaluated in relation to its biofiltering potential for NH_4^+ , NO_3^- and PO_4^{2-} reduction in controlled as well in a shrimp pond conditions. In the laboratorial experiment, four glass aquaria (30 x 20 x 20 cm) with 10L of water were used (three experimental aquaria containing 20g of *U. lactuca* and one aquarium as a control). The biomass increase was 2.92g ($22.92 \pm 6.29\text{g}$; $p < 0.05$) in relation to the initial inoculum of 20g, under the following conditions: temperature of $28.50 \pm 0.58^\circ\text{C}$, salinity of $35.00 \pm 0.00\text{‰}$, pH of 8.26 ± 0.02 and constant light ($250 \mu\text{mol.m}^2\text{s}^{-1}$). The positive growth ($1.78 \pm 4.38\% \text{ day}^{-1}$; $p < 0,05$) together with the great efficiency in absorption of ammonium (83%; $p < 0.001$), nitrate (83%; $p < 0.001$) and orthophosphate (53%; $p < 0.001$), demonstrated that *Ulva lactuca* absorbed the nutrients and increased its biomass. In the field experiment at TECNARÃO shrimp farm located in the municipality of Arez/RN ($06^\circ 11' 40'' \text{ S}$; $35^\circ 09' 37'' \text{ W}$), three PVC cages (59 x 59 x 15 cm) were positioned 12 cm below the water surface, each one containing 200g of *U. lactuca*. The biomass increase was 3g ($203.00 \pm 41.02\text{g}$; $p < 0,001$), which was very similar to the growth observed under controlled laboratorial conditions, demonstrating the species' adaptability to environmental variable conditions. Despite slight temperature variation ($27.45 \pm 0.64^\circ\text{C}$), there was a progressive salinity decrease (25 - 15‰) because of the strong raining period ($34.70 \pm 23.78\text{mm}$). In addition, several biological factors affected the seaweed performance under pond conditions, like the occurrence of epiphytes, endophytes organisms, "fouling" and the shrimp herbivory. There was an increase on NH_4^+ ($4.36 \pm 1.69 \mu\text{mol.L}^{-1}$), NO_3^- ($0.17 \pm 0.25 \mu\text{mol.L}^{-1}$) and PO_4^{2-} ($0.41 \pm 0.13 \mu\text{mol.L}^{-1}$) concentrations, coinciding with the species growth until the third week. All the environmental parameters analyzed, as well as the biomass and the Relative Growth Rate (TCR) obtained in the field presented highly significant variations ($p < 0.001$). The correlations observed between biomass and NH_4^+ ($r = 0.82$; $p < 0.001$) and between biomass and PO_4^{2-} ($r = 0.87$; $p < 0.001$) show that this species has a satisfactory growth under eutrophic conditions in the shrimp pond and indicate its possible use as a biofilter.

Key-words: biofilter, shrimp farm, seaweed, nutrients, *Ulva lactuca*

INTRODUÇÃO



Ulva lactuca Linnaeus

1 INTRODUÇÃO

A aquicultura é a atividade agroindustrial que vem apresentando maior crescimento nos dez últimos anos, especialmente na Ásia e na América do Sul (NEW, 1999). Atualmente no Brasil, o qual ocupa a 18ª posição na produção aquícola no mundo (BORGHETTI *et al.*, 2003), o cultivo de camarão marinho *Litopenaeus vannamei* é o segmento da aquicultura mais bem sucedido economicamente, respondendo por 60,5% das exportações do setor em 2003 e gerando um lucro de R\$ 230 milhões para a economia brasileira. Além disso, a produção aumentou de 1.423% em volume e 556% em valor de 1998 a 2003, sendo a produção média brasileira de 6.084 Kg/ha/ano e a média mundial de 958 kg/ha/ano (FAO, 2003).

A carcinicultura marinha é portanto, uma das atividades agroindustriais mais atrativas economicamente, visto que, nos últimos quatro anos, este setor vem registrando uma taxa média de expansão territorial da ordem de 20% a 30% ao ano (ROCHA, 2000; AMARAL *et al.*, 2003). O crescimento expressivo da atividade se deve à intensificação do sistema de cultivo, apoiado no aperfeiçoamento de tecnologias (preparação do viveiro, sistema de berçários intensivos e intermediários, manejo alimentar e controle dos parâmetros de água) e no melhoramento significativo da qualidade dos insumos, ração e pós-larvas (ROCHA & RODRIGUES, 2003).

Segundo ROCHA *et al.* (2003), o desenvolvimento da carcinicultura no Brasil está concentrado na região Nordeste, sendo responsável por 95,2% da produção nacional. Em 2004, o crescimento do setor foi de 15,5% (FAO, 2006), embora existam pequenas iniciativas nas regiões Norte, Sul e Sudeste. No Nordeste se encontram as melhores condições climáticas, hidrológicas e topográficas para a carcinicultura, devido às altas temperaturas, com variação anual em torno de 22 a 30°C, e à relativa estabilidade climática (QUAGLIA, 1993).

As práticas aquícolas, principalmente as intensivas, são caracterizadas pelos efluentes com alto teor de matéria orgânica e elevadas concentrações de nutrientes particulados e dissolvidos, além do baixo conteúdo de oxigênio dissolvido (PORTER *et al.*, 1987; KROM & NEORI, 1989; BOYD, 1990). Elas têm contribuído para a degradação ambiental, mudanças de habitats e eutrofização das águas costeiras

(IWAMA, 1991; BERVERIDGE, 1996; NAYLOR *et al.*, 2000). Isso ocorre pois o cultivo de animais aquáticos produz grande quantidade de nutrientes na forma de resíduos metabólicos; além disso, os organismos cultivados consomem de 20 a 30% do suprimento alimentar (PENCZAK *et al.*, 1982; PHILLIPS *et al.*, 1985; HOLBY & HALL, 1991; HALL *et al.*, 1992). Os resíduos gerados na cadeia produtiva vão ser carregados para os corpos d'água receptores e, pela própria dinâmica marinha, esses compostos retornam para o sistema de cultivo, podendo comprometer a saúde dos organismos cultivados.

Assim, a variação na composição de nutrientes na coluna d'água dos corpos receptores, por exemplo, pode alterar o metabolismo, ocasionar anoxia, promover o aumento no fluxo de nitrogênio e fósforo, acidificação, turbidez e resultar em outros processos associados à eutrofização (TROELL & BERG, 1997). Esse quadro demonstra a grande contradição da carcinicultura, já que os carcinicultores evitam a instalação de fazendas de camarão em áreas que recebam a influência de efluentes domésticos, agrícolas e industriais. Essa medida de segurança costuma ser obedecida graças à barreira sanitária imposta pelo comércio exterior ao produto. Contudo, os efluentes das fazendas geram riscos de eutrofização nos ecossistemas naturais receptores (NUNES, 2002).

Além disso, existem os prejuízos para a fauna e flora local, pois a descarga de efluentes ricos em matéria orgânica pode causar sedimentação, mudanças na produtividade e na estrutura da comunidade local, bem como diminuição da biodiversidade. Outro impacto ambiental oriundo de um manejo inadequado é o risco de introdução de espécies exóticas; sendo a própria atividade de cultivo, um fator de risco a manutenção do equilíbrio ecológico local.

O conceito de sustentabilidade é relativamente novo e poucos são os exemplos concretos de aqüicultura sustentável. Os modelos de desenvolvimento da aqüicultura no Brasil, de um modo geral, estão mais voltados ao aspecto econômico, descuidando dos aspectos ambientais e sociais (VINATEA, 1998). A aqüicultura sustentável deve ser entendida como a produção viável de organismos aquáticos ao longo do tempo (PILLAY, 1996) e tem como conceitos básicos: a eficiência econômica, prudência ecológica e equidade social (VINATEA, 1998).

É preciso que as atividades aquícolas se enquadrem no modelo de sustentabilidade, enfatizando práticas ecologicamente corretas. Infelizmente, a aquíicultura produz uma larga quantidade de detritos, incluindo nitrogênio e fósforo dissolvidos, que são liberados para o ambiente aquático sem tratamento. Explorar esses elementos como fontes de nutrientes e, ao mesmo tempo reduzir descargas para o ambiente, é possível com o cultivo de macroalgas marinhas em sistemas aquícolas. Muitas espécies de macroalgas têm sido identificadas como sendo capazes de assimilar nutrientes e tratar efluentes aquícolas de forma eficiente (QUIAN *et al.*, 1996; TROELL *et al.*, 1997; 1999 e 2003; JONES *et al.*, 2001; NELSON *et al.*, 2001; SCHUENHOFF *et al.*, 2003; 2006).

O cultivo de várias espécies de animais, associado à macroalgas marinhas, tem sido usado em aquíicultura no mundo (CHIANG, 1981; SHAN & WANG, 1985; WEI, 1990). A aquíicultura integrada promove a capacidade de biorremediação de nutrientes, gerando benefícios mútuos para os organismos cultiváveis, diversificação econômica e aumento da rentabilidade por unidade de cultivo para a indústria aquícola (TROELL *et al.*, 1997; CHOPIN *et al.*, 2001). Em culturas combinadas, a produtividade depende da performance de crescimento de todas as espécies envolvidas no sistema, onde excreções de um organismo resultam em nutrientes para outro (BUSCHMANN *et al.*, 1994; 1996). Portanto, para obter alta produtividade, as condições ambientais devem ser favoráveis para ambas as espécies (QUIAN *et al.*, 1996).

As macroalgas são consideradas biofiltros eficientes, devido à interação fisiológica com as diversas formas de nutrientes dissolvidos ou particulados, muito comuns na cadeia produtiva aquícola. Esses nutrientes vão ser absorvidos, assimilados e armazenados pela alga, resultando em crescimento, até serem eliminados quando a alga entra em senescência ou morre (HANISAK & SAMUEL, 1983). Muitos dos compostos dissolvidos gerados numa fazenda aquícola podem ser tóxicos para os organismos cultivados. A amônia por exemplo, na sua forma livre (NH₃), é uma das substâncias mais tóxicas produzidas nos sistemas aquícolas intensivos, tendo um forte impacto não só nos tanques de cultivo como também nas comunidades aquáticas quando transportada pelos efluentes aquícolas para os corpos d'água adjacentes (ZIEMANN *et al.*, 1992). Um grande número de investigações científicas têm mostrado a toxicidade da amônia nas fazendas de peixes e na qualidade da água (MUNDAY *et al.*, 1992; HANDY & POXTON, 1993).

As macroalgas vermelhas (Rhodophyceae) são particularmente eficientes em capturar rapidamente os nutrientes e estocar grandes reservas destes (VERGARA *et al.*, 1993). Por exemplo, em se tratando de macroalgas como bioindicadores de ambientes eutrofizados, a espécie *Gracilaria edulis*, utilizada em vários experimentos, rapidamente assimilou o excesso de amônia e aumentou seu conteúdo de aminoácidos (JONES *et al.*, 1996). Uma outra macroalga vermelha, *Kappaphycus alvarezii*, utilizada em cultivo integrado, demonstrou sua eficiência na assimilação de resíduos nitrogenados provenientes de ostras da espécie *Pinctada martensi*, produtora de pérolas (QUIAN *et al.*, 1996). Em tanques de cultivo de *Gracilaria chilensis*, abastecidos com efluentes de criação de salmão, a taxa de crescimento dessa macroalga foi quatro vezes maior que aquelas encontradas em bancos naturais, além do aumento duplicado no conteúdo de agar (RETAMALES *et al.*, 1994).

No Chile, TROELL *et al.* (1997), estudaram a integração do cultivo de salmão em gaiolas e da macroalga vermelha *Gracilaria chilensis* em cordas. Estes autores verificaram que, para cada hectare de algas cultivadas próximas às gaiolas, o potencial de remoção dos excretas inorgânicos nitrogenados produzidos pelos peixes, foi de 5%. Estudos realizados por VANDERMEULEN & GORDIN (1990); NEORI & SHIPIGEL (1999) e NEORI *et al.* (2000), obtiveram uma remoção bastante eficiente de amônia por macroalgas, com re-aeração e restauração do pH da água, mostrando a influência desses fatores no processo de absorção. HAGLUND & LINDSTROM (1995), tentaram tratar águas residuárias na Tanzânia usando água de esgoto para cultivar macroalgas em condições de laboratório. DY & YAP (2001), por exemplo, testaram a possibilidade de que a macroalga *Kappaphycus alvarezii* aproveitaria as flutuações de amônia através de métodos de perturbação (CAPERON & MEYER, 1972; CONWAY *et al.*, 1976).

No Brasil, especialmente na região nordeste, NUNES (2002) constatou que muitas espécies de macroalgas nativas da costa brasileira, em especial as dos gêneros *Gracilaria* e *Hypnea*, podem ser cultivadas em viveiros de camarão marinho minimizando os impactos causados pelo excesso de nutrientes. MARINHO-SORIANO *et al.* (2002) observaram, em experimentos realizados no Rio Grande do Norte, que a espécie *Gracilaria sp.* pode obter uma taxa de crescimento satisfatória em efluentes de viveiro de camarão com fertilização constante e abundância de NH_4^+ .

Outros trabalhos foram realizados usando Chlorophytas como biofiltros (MALTA & VERSCHUURE, 1997; KAMERMANS *et al.*, 1998; PINCHETTI, *et al.*, 1998; RUNCIE *et al.*, 2003; SCHULENHOFF *et al.*, 2003; VIJAYARAGHAVAN *et al.*, 2004). BURGESS *et al.* (2003), comprovaram a diminuição da toxicidade da amônia na água e sedimento, através da absorção desta pela *Ulva lactuca*. HERNÁNDEZ *et al.* (2002), obtiveram bons resultados na remoção de nutrientes dissolvidos pela *Ulva rotundata*, cultivada em efluentes de criação de peixes da espécie *Dicentrarchus labrax*. LARTIGUE *et al.* (2003), avaliaram a absorção de nitrogênio inorgânico pela *Ulva lactuca* em função das flutuações de salinidade e oxigênio dissolvido. A mesma espécie também foi utilizada por HO *et al.* (1999, 2000 e 2002), para remoção seletiva de amônia da água e sedimento, como parte de uma avaliação toxicológica. LEE & WANG (2001), estudaram uma relação entre a acumulação de metais pesados e os efeitos na absorção de amônia, nitrato, e fosfato em *Ulva fasciata*.

Estudos comparativos das taxas de assimilação de nutrientes entre diferentes espécies de macroalgas foram realizados por NALDI & WHEELER (2002), os quais, testaram o melhor potencial de absorção entre uma Chlorophyta (*Ulva fenestrata*) e uma Rhodophyta (*Gracilaria pacifica*). Já os trabalhos de PORRELO *et al.* (2003a); PORRELO *et al.* (2003b) e PORRELO *et al.* (2003c), assim como os de RUNCIE *et al.* (2003), foram de grande relevância, pois testaram sistemas de fitotratamento em larga escala, utilizando as Chlorophytas *Ulva rigida* e *Ulva lactuca*, para o tratamento dos efluentes em bacias de sedimentação construídas em sistemas aquícolas intensivos.

Com base nesses estudos, sabe-se que as Chlorophytas, especialmente as diferentes espécies de *Ulva*, são nitrófilas eficientes, ou seja, possuem uma alta capacidade de remoção de compostos nitrogenados inorgânicos e orgânicos do meio. Sua rápida capacidade de absorção e metabolização de formas de N inorgânico, como amônia e nitrato, já foi bem estudada por LAPOINTE *et al.* (1981); COHEN & NEORI (1991); JIMENEZ DEL RIO *et al.* (1996); LEE & WANG (2001); NALDI & VIAROLI (2002). Além disso, são bastante eficientes na remoção de formas fosfatadas. LEE (2000), estudou a relação entre a taxa de crescimento específico da *U. lactuca* em relação às concentrações intracelulares de fosfato inorgânico (Pi), fósforo total e das fosfatases ácida e alcalina, comprovando que o crescimento dessa espécie pode ser limitado em fósforo. De fato, o fósforo é de grande importância para o metabolismo algal, uma vez que o mesmo constitui um nutriente limitante no meio (DAVIES, 1988) e

a sua deficiência provoca desordens metabólicas, como a diminuição na fotossíntese e respiração, retardando o crescimento e podendo inclusive, levar a morte das células algais (LAPOINTE, 1987; DAVIES, 1988; THEODOROU *et al.*, 1991; GÁRCIA-SÀNCHEZ *et al.*, 1996).

Tendo em vista as importantes revisões a respeito da eficiência das macroalgas como biofiltros no tratamento de efluentes aquícolas, o presente estudo fez uma avaliação do potencial de assimilação de nutrientes (NH_4^+ , NO_3^- e PO_4^{-2}), bem como da Taxa de Crescimento Relativo (TCR) de *Ulva lactuca*, cultivada em condições eutróficas de tanques de cultivo de camarão. A escolha da espécie foi baseada em sua ampla distribuição nas zonas intertidais do litoral norte-riograndense e principalmente pelo seu importante papel ecológico na reciclagem de nutrientes dissolvidos. Assim, a idéia de um cultivo consorciado seria uma alternativa de mitigação dos impactos gerados pela carcinicultura, que se tornou um importante setor da economia local e que deveria utilizar na cadeia produtiva uma tecnologia simples, barata e limpa para se tornar então, uma atividade sustentável.

OBJETIVOS



2 OBJETIVOS

2.1- Objetivo Geral

- Utilização da macroalga *Ulva lactuca* Linnaeus, como filtro biológico para o tratamento dos efluentes da carcinicultura.

2.2 - Objetivo Específico

- Determinação da biomassa e da Taxa de Crescimento Relativo (TCR) de *Ulva lactuca*, relacionando-as aos parâmetros ambientais.
- Avaliação da eficiência de absorção de formas nitrogenadas (NH_4^+ e NO_3^-) e fosfatadas (PO_4^{2-}), através de um experimento de laboratório.

MATERIAL E MÉTODOS



Praia de Búzios-RN

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1- Descrição da Espécie



Figura 1: Espécime de *Ulva lactuca* Linnaeus

A macroalga *Ulva lactuca* Linnaeus (Figura 1), pertence à divisão Chlorophyta, classe Ulvophyceae, ordem Uvales, família Ulvaceae, gênero *Ulva* e espécie *Ulva lactuca*. O gênero *Ulva* consiste em um talo achatado com superfície lisa, o qual apresenta duas camadas de células em espessura. Seu tamanho pode ser de poucos centímetros até mais de um metro de comprimento. Em regiões bastante eutrofizadas, indivíduos excepcionalmente grandes podem atingir mais de dois metros. O talo é fixo ao substrato por um apressório produzido por protuberâncias das células basais. Em se tratando de reprodução, a *Ulva* é anisogâmica e apresenta uma alternância de gerações isomórficas como ocorre em muitas outras Ulvophyceae (RAVEN, 1992).

Espécimes do gênero *Ulva* são muito comuns em todas as partes do mundo, portanto, são organismos cosmopolitas (HO, 1990). Além disso, são os primeiros organismos a colonizarem um substrato qualquer (LITTLER & LITTLER, 1980; BEACH *et al.*, 1995). São também oportunistas, ou seja, capazes de uma rápida colonização e crescimento em condições ambientais favoráveis (LITTLER, 1980). Todas essas características do gênero são atribuídas não só a sua tolerância a situações adversas do meio, como também a sua grande capacidade reprodutiva (SMITH, 1947). Muitos indivíduos desse gênero possuem um rápido crescimento nas zonas intertidais (Figura 2), sendo encontrados geralmente em rochas, poças de marés (Figura 3), zonas estuarinas e em planos de recifes (PÁDUA, 1993).



Figura 2: *U. lactuca* encontrada na região intertidal da praia de Búzios - RN



Figura 3: *U. lactuca* encontrada em poças de maré na praia de Búzios - RN

Alguns estudos mencionam a ocorrência de verdadeiros “blooms” de espécies do gênero *Ulva* em regiões costeiras eutrofizadas (HO, 1981; LOWTHION *et al.*, 1985; BROWN *et al.*, 1990; LAVERY & MACCOMB, 1991; DUARTE, 1995). Os impactos causados por esses crescimentos maciços podem ocasionar desoxigenação da água e do sedimento, liberação de sulfetos, diminuição da fauna, além de outros efeitos sinérgicos (REISE, 1983; THRUSH, 1986; OLAFSON, 1988; JOHNSON & WELSH, 1985). Para que isto ocorra, segundo MORAND & BRIAND (1996), é necessário que o corpo d’água receba quantidades substanciais de nutrientes e que o tempo de residência da água seja de pelo menos alguns dias.

A espécie *Ulva lactuca* é capaz de um crescimento heterotrófico, por no máximo 41 dias, caso haja uma grande estocagem de nutrientes (MARKAGER & SAND-JENSEN, 1990); podendo com isso sobreviver por longos períodos sem iluminação (VERMAAT & SAND-JENSEN, 1987; SAND-JENSEN, 1988) e em baixas temperaturas (KAMERMANS *et al.*, 1998). Sendo o maior crescimento em temperaturas elevadas (THOM & ALBRIGHT, 1990). Ela é também bastante tolerante

as circunstâncias de stress ambiental. Sendo uma espécie eurialina, pode suportar amplas variações de salinidade, sendo seu ponto de maior atividade fotossintética em 25‰ (LARTIGUE *et al.*, 2003). Suas respostas fisiológicas podem ser usadas como parâmetros indicadores dos níveis de poluição em ecossistemas costeiros (HO, 1987; BARRAZA & CARBALLEIRA, 1999). Sua larga distribuição freqüentemente está associada a ambientes eutrofizados ou contaminados com metais pesados, justificando seu uso como biofiltro para remoção de amônia e fosfatos, que são os principais poluentes dissolvidos em águas residuárias de fazendas aquícolas (NEORI *et al.*, 1989; COHEN & NEORI, 1991; NEORI *et al.*, 1991; JIMENEZ DEL RIO *et al.*, 1994; JIMENEZ DEL RIO *et al.*, 1996; DE CASABIANCA & POSADA, 1998).

Estudos com essa alga marinha constituem um componente essencial em programas de avaliação de impactos e toxicidade ambientais, principalmente por sua sensibilidade diferencial em relação aos diversos tipos de contaminantes. Dentre as substâncias tóxicas que chegam ao ambiente aquático, destacam-se os metais pesados e a amônia (CLAVER *et al.*, 2003), que podem ser absorvidos pela ação biossorvente da *Ulva lactuca*, daí sua importância como biofiltro e bioindicadora de contaminação no meio, em especial, das formas nitrogenadas.

Em adição ao papel de biofiltro e levando em conta sua importância econômica, é possível o uso da *Ulva lactuca* na composição de rações para consumo animal, devido ao alto teor de vitaminas e minerais (PÁDUA *et al.*, 2004). Na França, ela é utilizada como aglutinante de rações para piscicultura e fertilizante orgânico na agricultura (PAGAND, 1999). Segundo ZAIXSO (1996), esta espécie faz parte da dieta alimentar de comunidades costeiras do Uruguai e da Argentina. E no Chile é empregada na alimentação e utilizada na produção de biogás (GRÜNEWALD, 2003). Além da sua utilização na fabricação de papel e na indústria de medicamentos fitoterápicos (MONEGATO *et al.*, 1992).

3.2- Local e Procedimento de Coleta das Algas

A coleta da macroalga *Ulva lactuca* foi realizada na Praia de Búzios ($06^{\circ}01'00''\text{S}$ e $35^{\circ}06'00''\text{W}$), localizada no litoral sul do estado do Rio Grande do Norte e pertencente atualmente ao município de Nízia Floresta a 22 km de Natal (Figura 4).



Figura 4: Mapa (Búzios-RN, Brasil), mostrando a área de coleta

A espécie em estudo foi coletada manualmente durante a maré baixa na região do mesolitoral, em substrato rochoso e arenoso onde, visivelmente, era a espécie dominante, já que é bastante resistente a perturbações ambientais, como a ação das marés e dos ventos. Após a coleta, o material foi acondicionado em um recipiente isotérmico contendo água salgada e, em seguida, levado ao laboratório de Macroalgas/ DOL/ UFRN, onde foi realizada a limpeza das algas e a posterior transferência destas para um aquário contendo água salgada do local e constante aeração (Figura 5). As algas permaneceram nesse aquário por dois dias até serem transferidas para os aquários destinados ao experimento. A água utilizada para o experimento foi coletada em um viveiro de camarão marinho (*Litopenaeus vannamei*), da fazenda TECNARÃO, situada no Município de Arez-RN.

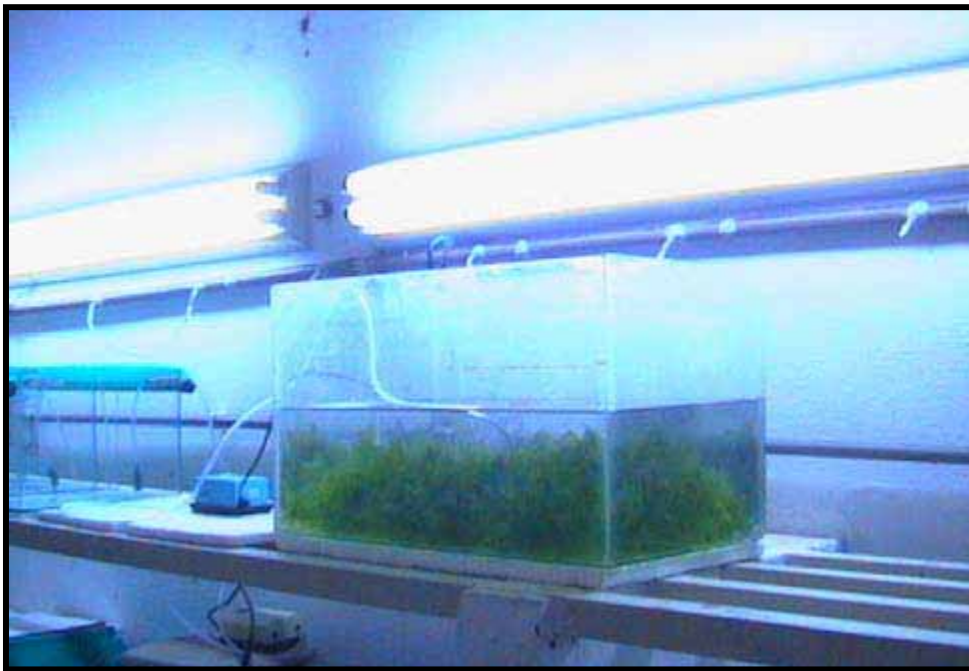


Figura 5: Aquário reserva – acondicionamento inicial das algas

3.3- Experimento em Laboratório

O experimento em laboratório foi realizado durante o período de 06/05/05 a 06/06/05. O sistema experimental era constituído por 4 aquários de vidro de 30 x 20 x 20 cm, contendo 10 litros de água cada (Figura 6). A primeira seqüência correspondeu aos aquários A1, A2 e A3, onde foram colocados 20 g de *Ulva lactuca*, sendo denominado de tratamento A. O último aquário, correspondente ao A4, era o aquário controle, recebendo apenas a água do viveiro. Os aquários foram dispostos lado a lado em um laboratório fechado e sob condições controladas de luz ($250 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$). Cada aquário possuía uma fonte de aeração e era coberto por uma tela plástica para evitar a evaporação da água. Os aquários foram submetidos a um foto-período de 12 horas claro/escuro, controlado por um temporizador. A água utilizada no experimento sofreu uma pré-filtragem através de lã de vidro, cujo objetivo foi eliminar o excesso de material em suspensão, que poderia vir a se depositar no talo e dificultar a absorção de luz pelas algas.

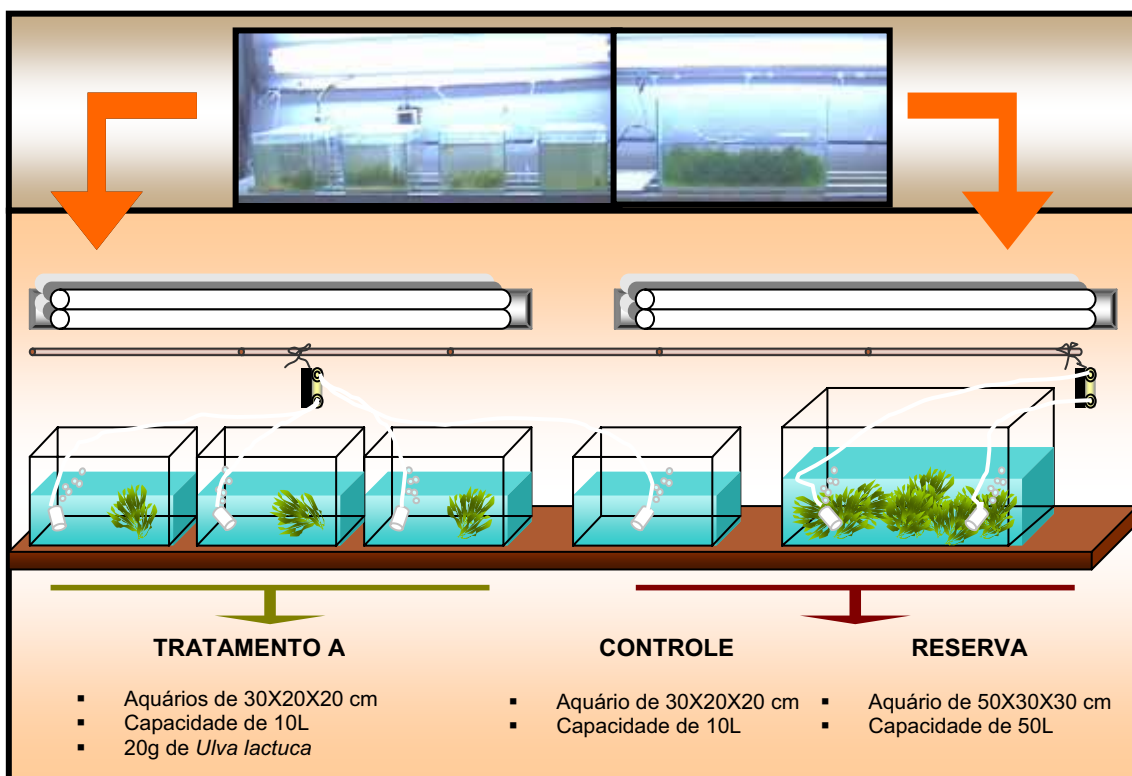


Figura 6: Desenho Experimental – Laboratório

Os parâmetros físicos, químicos e biológicos do experimento em laboratório foram analisados semanalmente. Para medição da temperatura foi utilizado um termômetro comum (mercúrio centígrado); para a salinidade, um refratômetro (F-300); para o pH, um medidor de pH eletrônico (F-1002) e para o oxigênio dissolvido, um oxímetro digital. A análise dos nutrientes (ion amônio - NH_4^+ , nitrato - NO_3^- e o ortofosfato - PO_4^{2-}) foi realizada em triplicatas da água coletada nos aquários, a qual foi armazenada em recipientes devidamente etiquetados e resfriada para posterior análise, segundo o método de STRICKLAND & PARSONS (1972).

A determinação da biomassa foi realizada através da pesagem das algas semanalmente. Para isso, elas eram retiradas de seus respectivos aquários, secadas cuidadosamente em papel absorvente e, em seguida, pesadas em uma balança digital. A Taxa de Crescimento Relativo (TCR) foi calculada segundo o modelo de DE CASABIANCA *et al.* (1997), correspondente a seguinte fórmula:

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

Onde: p_f é o peso final, p_i é o peso inicial e t_f menos t_i , é o intervalo de tempo em dias entre as duas medidas de peso.

As análises estatísticas utilizadas nesse estudo foram a análise de variância ANOVA e a Correlação de PEARSON (que estabelece as correlações entre os parâmetros estudados). Estas análises foram calculadas através dos Softwares Statistics[®] 5,5 e do Microsoft Excel[®], 1998.

3.4- Experimento em Campo

O experimento em campo foi realizado na fazenda TECNARÃO TECNOLOGIA DE CAMARÕES LTDA (Figura 7), situada no município de Arez/RN (06°11'40"S e 35° 09'37"W), com área total de 117ha e uma área produtiva de 83,6ha.

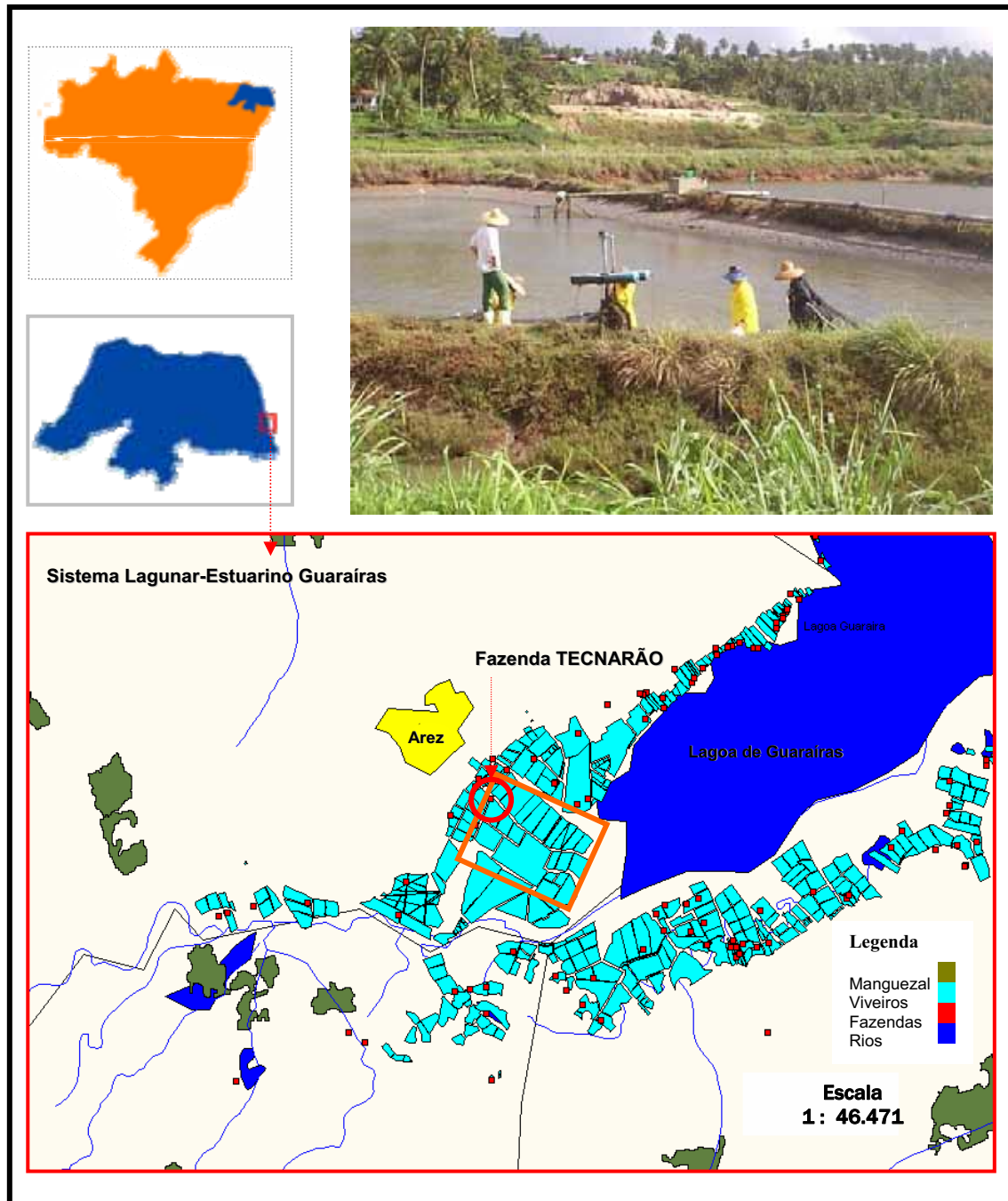


Figura 7: Fazenda TECNARÃO – Arez/RN

O experimento em campo foi realizado durante o período de 24/05/05 a 24/06/05. Para este estudo, foram utilizadas três gaiolas de tela plástica (Figura 8) com suporte de PVC, com dimensão de aproximadamente 59 x 59 x 15cm. As algas usadas nesse experimento foram coletadas manualmente na praia de Búzios-RN. Após a coleta, o material foi acondicionado em recipientes isotérmicos contendo água do próprio local e, em seguida, transportada até a fazenda (Figura 9). As algas foram submetidas a um processo de limpeza e triagem, logo depois foram pesadas e distribuídas nas 3 gaiolas, de forma que cada gaiola recebesse 200g de *Ulva lactuca*. As gaiolas foram fixadas a duas estacas presas a estruturas de flutuação e posicionadas a 12 cm da superfície da água.

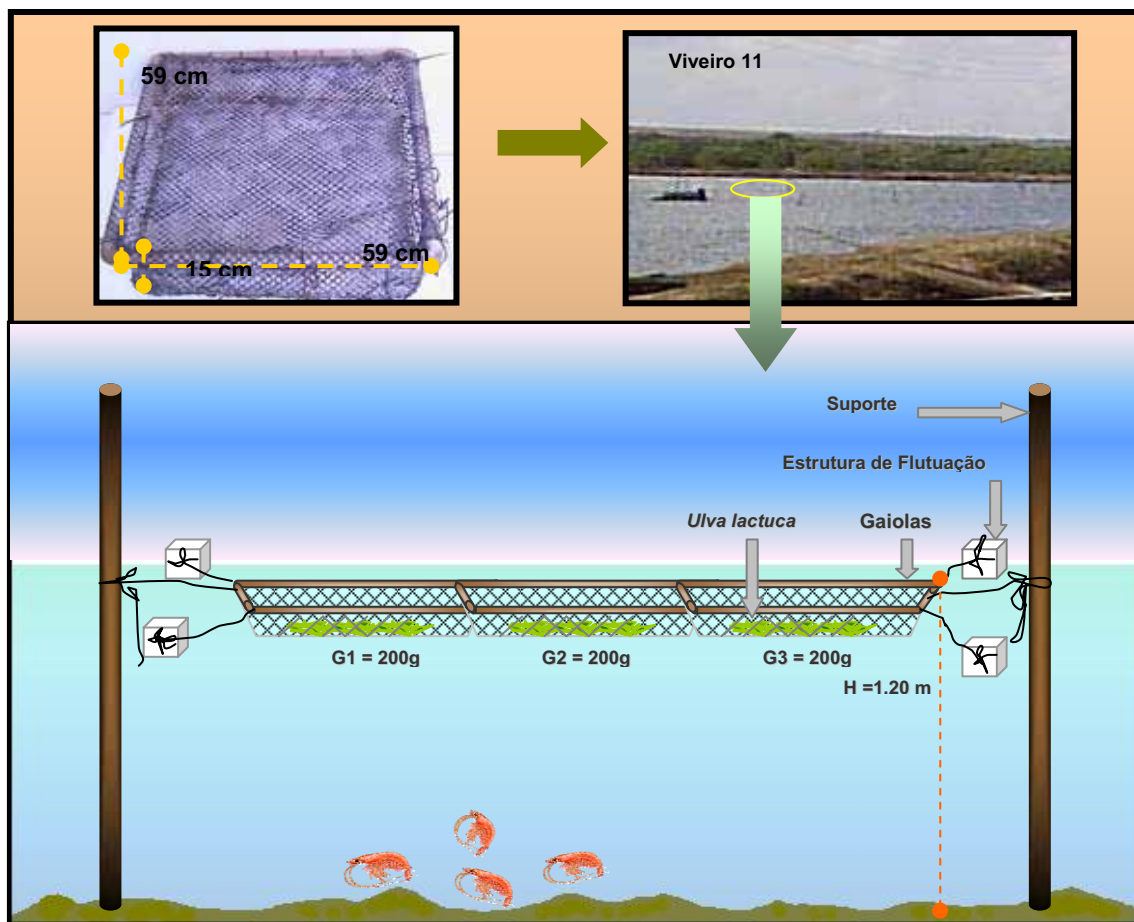


Figura 8: Desenho Experimental - Campo



Figura 9: Layout dos viveiros da Fazenda TECNARÃO com destaque para o viveiro -11

Os parâmetros ambientais como temperatura, salinidade, precipitações pluviométricas e oxigênio dissolvido, foram analisados diariamente na própria fazenda. O pH foi analisado semanalmente juntamente com a biomassa e a TCR. As análises dos nutrientes, biomassa e TCR, seguiram a mesma metodologia descrita anteriormente para o experimento realizado em laboratório.

R

RESULTADOS



Viveiro-11 da Fazenda TECNARÃO-RN

4. RESULTADOS

4.1 - Experimento Laboratorial

Os parâmetros físicos e químicos da água bem como a biomassa e TCR da *Ulva lactuca*, correspondentes a 4 semanas, são apresentados abaixo na tabela 1.

Tabela 1: Parâmetros ambientais, biomassa e TCR (média \pm desvio - padrão), obtidos no experimento laboratorial durante o período de estudo.

Parâmetros Ambientais	Média/DP	Máximo e Mínimo	ANOVA	
			Fcal	p
Temperatura da água (°C)	28,50 \pm 0,58	(29 e 28)	–	–
Salinidade (‰)	35,00 \pm 0,00	–	–	–
pH	8,26 \pm 0,02	(8,4 e 8,2)	0,10	0,095
NH ₄ ⁺ (μ mol.L ⁻¹)	6,55 \pm 7,20	(19,8 e 2,5)	2009,04	0,001**
NO ₃ ⁻ (μ mol.L ⁻¹)	0,97 \pm 1,02	(2,36 e 0,00)	575,91	0,001**
PO ₄ ⁻² (μ mol.L ⁻¹)	1,79 \pm 0,61	(2,39 e 1,12)	4604,88	0,001**
Biomassa (g)	22,92 \pm 6,29	(35 e 15)	8,14	0,003*
TCR (% dia ⁻¹)	1,78 \pm 4,38	(5,65 e -4,11)	11,64	0,003*

* Variações significativas ($p < 0,05$); ** Variações altamente significativas ($p < 0,001$).

4.1.1 - Temperatura

Durante o período do experimento, os valores de temperatura se mantiveram relativamente constantes, apresentando uma variação de apenas 1°C (Figura 10). O valor máximo foi observado nas primeiras semanas e o mínimo nas duas últimas semanas de estudo.

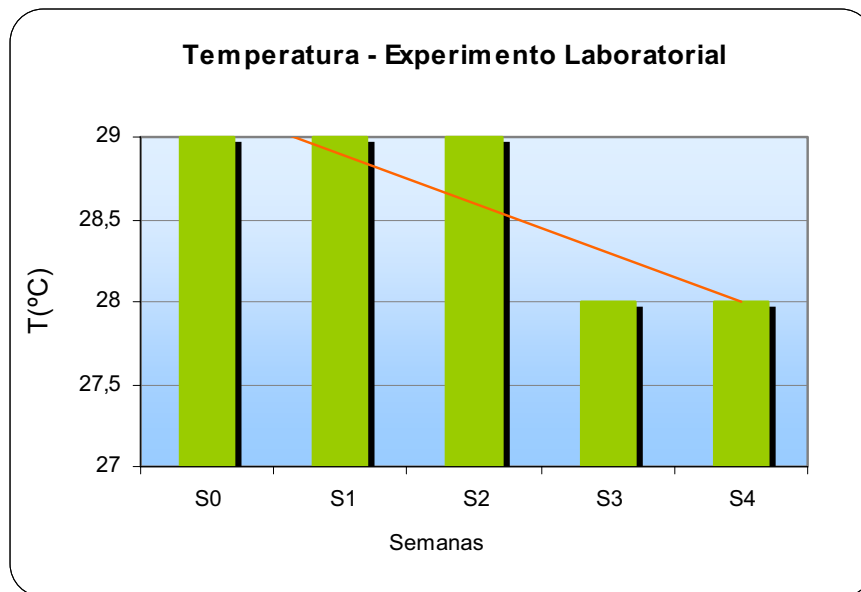


Figura 10: Valores de temperatura registrados para o Experimento Laboratorial

4.1.2 - Salinidade

A salinidade foi o único parâmetro que não obteve variação ($p > 0,05$), se mantendo em 35‰ durante todo o período de estudo, conforme é mostrado na Figura 11.

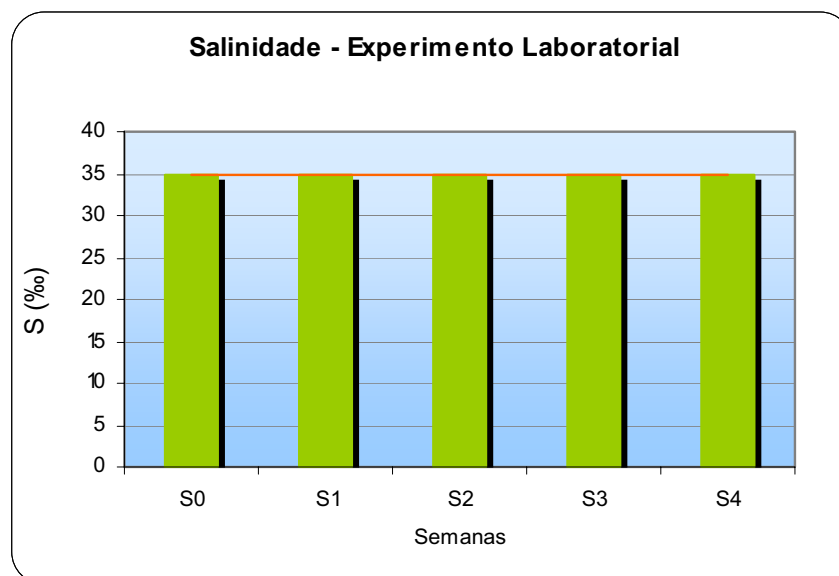


Figura 11: Valores de salinidade registrados para o Experimento Laboratorial

4.1.3 - pH

Assim como a temperatura da água, a variação do pH foi muito pequena ($p > 0,05$). O valor mínimo (8,2) foi registrado no início do experimento, enquanto o máximo (8,3) foi observado nas últimas semanas (Figura 12).

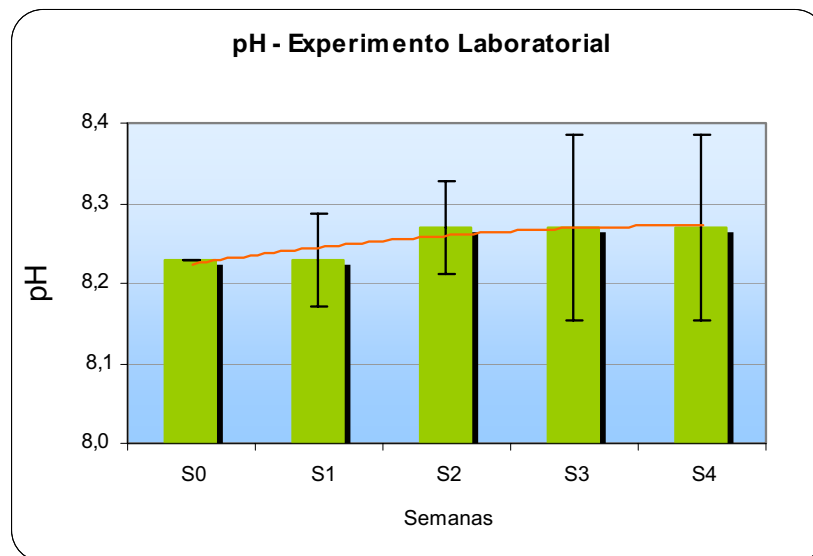


Figura 12: Valores de pH registrados para o Experimento Laboratorial

4.1.4 - Nutrientes

- **Amônio (NH_4^+)**

O íon amônio (NH_4^+) sofreu uma diminuição bastante considerável (Figura 13), em relação à concentração inicial ($19,40 \pm 0,40 \mu\text{mol.L}^{-1}$), evidenciando o fato de que esta forma parece ser a preferida pela espécie estudada. Na primeira semana houve uma redução bastante elevada, com média de $3,37 \pm 0,25 \mu\text{mol.L}^{-1}$; na segunda semana ocorreu um leve aumento, com média de $3,90 \pm 0,10 \mu\text{mol.L}^{-1}$; na terceira semana ainda houve diminuição, sendo a média de $2,77 \pm 0,25 \mu\text{mol.L}^{-1}$ e na quarta e última semana, essa média subiu um pouco para $3,30 \pm 0,30 \mu\text{mol.L}^{-1}$. Ao fim do experimento, foi registrado um valor médio de $6,55 \pm 7,20 \mu\text{mol.L}^{-1}$, sendo o valor

máximo de $19,8\mu\text{mol.L}^{-1}$ e mínimo de $2,50\mu\text{mol.L}^{-1}$ (Tabela 1), o que equivale a uma redução de 83% do NH_4^+ na água.

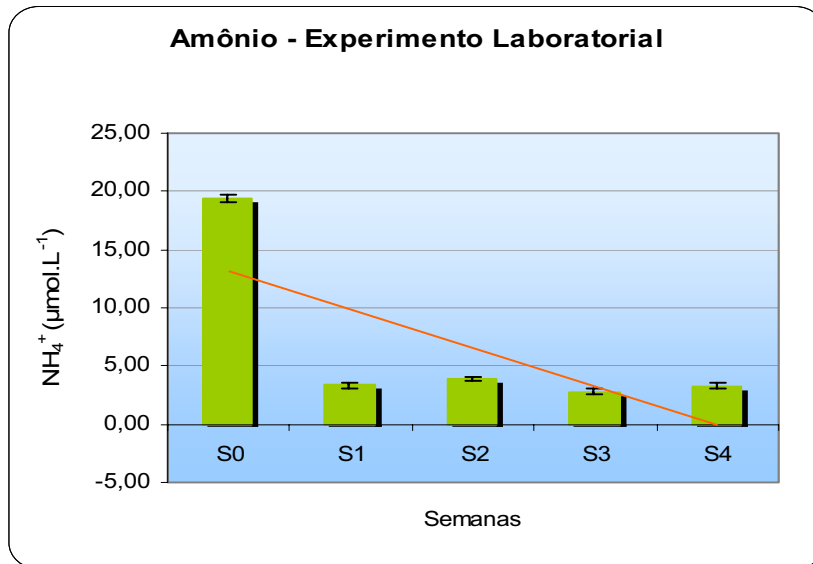


Figura 13. Valores de amônio obtidos no Experimento Laboratorial

▪ **Nitrato (NO_3^-)**

O nitrato diminuiu de maneira significativa, apesar das oscilações ao longo do experimento. Na primeira semana foi observada uma redução importante em relação à concentração inicial de $2,30\mu\text{mol.L}^{-1}$, correspondendo a média de $0,34 \pm 0,11\mu\text{mol.L}^{-1}$; aumentando novamente na segunda semana ($1,82 \pm 0,0\mu\text{mol.L}^{-1}$) mas, posteriormente na terceira semana, teve uma queda acentuada, sendo todo nitrato absorvido. Na última semana houve um ligeiro aumento ($0,39 \pm 0,07\mu\text{mol.L}^{-1}$), embora este não tenha sido significativo (Figura 14). A média para o período de estudo foi de $0,97 \pm 1,02\mu\text{mol.L}^{-1}$. O valor máximo foi de $2,36\mu\text{mol.L}^{-1}$ e mínimo de $0,00\mu\text{mol.L}^{-1}$, sendo a capacidade de biofiltração desse elemento igual a 83%.

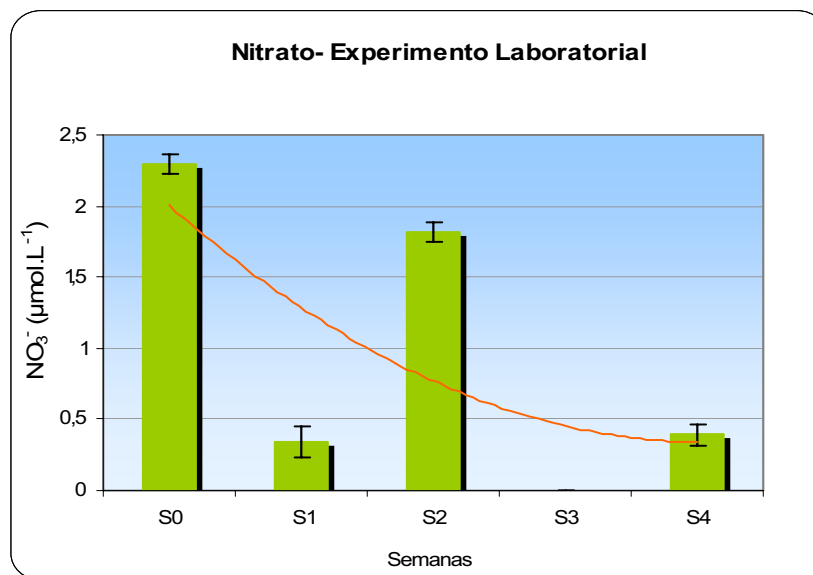


Figura 14. Valores do nitrato obtidos no Experimento Laboratorial

▪ **Ortofosfato (PO_4^{-2})**

O ortofosfato diminuiu gradualmente (Figura 15), demonstrando que, assim como o nitrato e o amônio, ocorreu absorção desse nutriente pela alga. A concentração inicial foi de $2,38 \pm 0,02 \mu\text{mol.L}^{-1}$. Na primeira semana ($2,31 \pm 0,03 \mu\text{mol.L}^{-1}$) praticamente não houve redução deste nutriente pela alga. Na semana seguinte houve uma leve redução, sendo a média de $1,97 \pm 0,01 \mu\text{mol.L}^{-1}$; na terceira semana foi observada uma diminuição bastante acentuada com média de $1,16 \pm 0,00 \mu\text{mol.L}^{-1}$ e na quarta e última semana, essa média caiu um pouco para $1,13 \pm 0,01 \mu\text{mol.L}^{-1}$. A média para o período foi de $1,79 \pm 0,61 \mu\text{mol.L}^{-1}$, com valor máximo de $2,39 \mu\text{mol.L}^{-1}$ e mínimo de $1,12 \mu\text{mol.L}^{-1}$ (Tabela 1). O percentual de absorção do ortofosfato pela espécie estudada foi de 53%.

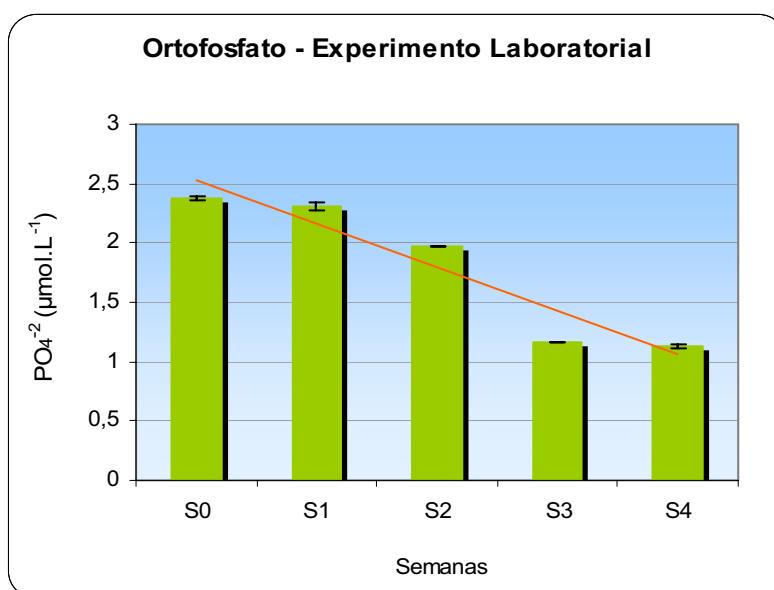


Figura 15. Valores do ortofosfato obtidos no Experimento Laboratorial

4.1.5 - Biomassa

Em relação à biomassa de *Ulva lactuca*, a mesma obteve as seguintes médias semanais: 25 ± 5 g (1^a semana), 30 ± 5 g (2^a semana), $21,67 \pm 2,89$ (3^a semana) e $15,00 \pm 0,00$ g (4^a semana) (Figura 16). A média para o período foi de $22,92 \pm 6,29$ g, apresentando portanto, ganho de biomassa durante o período de estudo. Pode-se constatar que o maior ganho de peso se deu na segunda semana, sendo esse aumento de 10g em relação ao inóculo inicial, a partir daí já se observa uma diminuição progressiva da biomassa da segunda para terceira semana, com perda considerável na última semana. O máximo foi de 35g e o mínimo de 15g, sendo registrada uma variação significativa ($p < 0,05$) ao longo do estudo (Tabela 1).

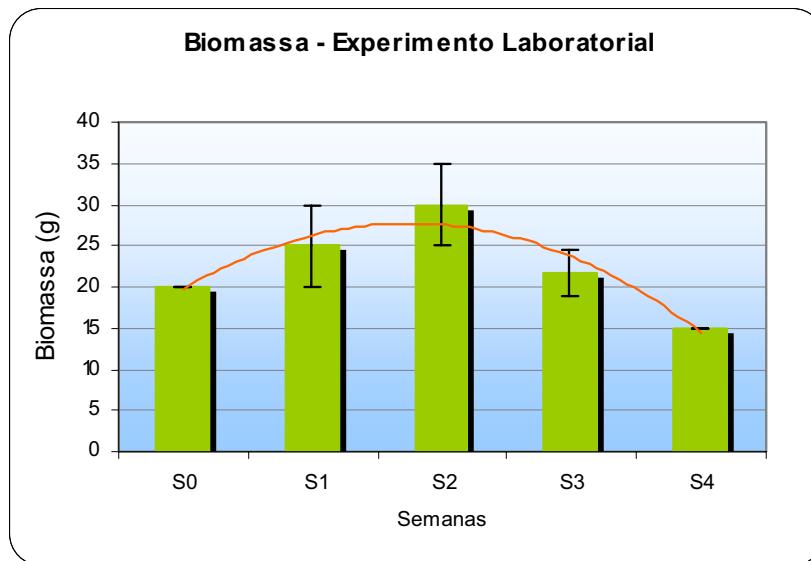


Figura 16. Valores de biomassa obtidos no Experimento Laboratorial

4.1.6 - TCR

A média da Taxa de Crescimento Relativo (TCR) de *Ulva lactuca* para o período de estudo foi de $1,78 \pm 4,38\% \text{dia}^{-1}$ (Tabela 1), o que demonstra um crescimento positivo da espécie. As médias semanais da TCR, de acordo com a figura 17, foram de $4,49 \pm 1,84\% \text{dia}^{-1}$ (1ª semana), $5,66 \pm 2,4\% \text{dia}^{-1}$ (2ª semana), $1,06 \pm 1,8\% \text{dia}^{-1}$ (3ª semana) e $-4,11 \pm 0,00\% \text{dia}^{-1}$ (4ª semana). Assim a TCR teve a mesma tendência da biomassa, com valores mais altos nas duas primeiras semanas e com redução progressiva da terceira até a quarta semana. Para esta variável foi detectada diferenças significativas ($p < 0,05$) ao longo do período de estudo.

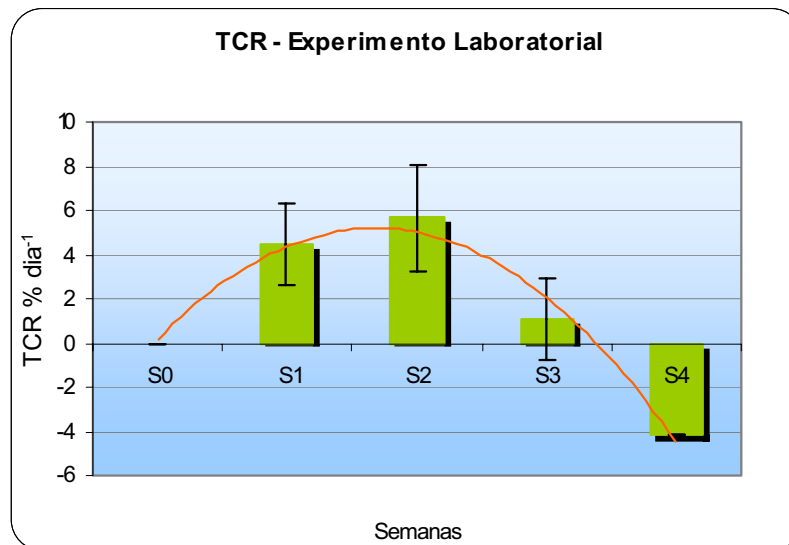


Figura 17. Valores da TCR obtidos no Experimento Laboratorial

4.1.7 - Análise Estatística (Correlação de Pearson)

As correlações encontradas entre a biomassa, TCR, nutrientes (NO_3^- , PO_4^{-2} e NH_4^+) e parâmetros físicos e químicos da água, podem ser visualizadas na Tabela 2.

Tabela 2: Coeficiente de correlação ($n = 15$) entre os parâmetros ambientais, biomassa e TCR.

	$T(^{\circ}\text{C})$	$S(\text{‰})$	PH	NH_4^+	NO_3^-	PO_4^{-2}	BIOM (g)	TCR
$T(^{\circ}\text{C})$			0,2274	0,4454	0,6922*	0,9668**	0,5695*	0,6014*
$S(\text{‰})$								
PH				-0,3291	-0,2016	-0,2953	0,0594	0,0234
NH_4^+					0,7607**	0,5669*	-0,1762	-0,1317
NO_3^-						0,6431*	0,2553	0,2637
PO_4^{-2}							0,4218	0,4681
BIOM (g)								0,9908**
TCR								

*Variações significativas ($p < 0,05$); **Variações altamente significativas ($p < 0,001$); T = Temperatura; S = Salinidade. OBS: Unidade utilizadas para NH_4^+ , NO_3^- e PO_4^- ($\mu\text{mol.L}^{-1}$) e para TCR (\%dia^{-1}).

4.2 - Experimento de Campo

Os parâmetros físicos, químicos, biomassa e TCR, correspondentes a 4 semanas, são apresentados abaixo na tabela 3.

Tabela 3: Características ambientais (média \pm desvio - padrão) da área do viveiro e biomassa e TCR de *Ulva lactuca*, para o período de estudo.

Parâmetros Ambientais	Média/DP	Máximo e Mínimo	ANOVA	
			Fcal	p
Temperatura da água (°C)	27,45 \pm 0,64	(29,3 e 25,6)	–	–
Salinidade (‰)	18,6 \pm 4,16	(25 e 15)	69,67	0,001**
pH	8,36 \pm 0,11	(8,5 e 8,2)	3,90	0,036*
O ₂ Dissolvido (mg/L)	7,7 \pm 5,09	(12,8 e 2,0)	486,60	0,001**
Transparência (cm)	38,2 \pm 5,26	(45 e 32)	83,09	0,001**
Precipitação Pluviométrica (mm)	34,70 \pm 23,78	(68,40 e 5,1)	2808,92	0,001**
NH ₄ ⁺ (μ mol.L ⁻¹)	4,36 \pm 1,69	(7,00 e 2,60)	159,61	0,001**
NO ₃ ⁻ (μ mol.L ⁻¹)	0,17 \pm 0,25	(0,72 e 0,00)	53,78	0,001**
PO ₄ ⁻² (μ mol.L ⁻¹)	0,41 \pm 0,13	(0,56 e 0,20)	637,72	0,001**
Biomassa (g)	203,00 \pm 41,02	(254 e 125)	12,47	0,001**
TCR (%dia ⁻¹)	0,00 \pm 3,11	(3,41 e -6,71)	13,25	0,001**

* Variações significativas ($p < 0,05$); ** Variações altamente significativas ($p < 0,001$).

4.2.1 - Temperatura

A temperatura da água do viveiro, registrada ao longo do período de estudo, variou de 26°C a 28°C (Figura 18). A média foi de 27,45 \pm 0,64°C. O máximo registrado foi 29,3°C e o mínimo de 25,6°C (Tabela 3).

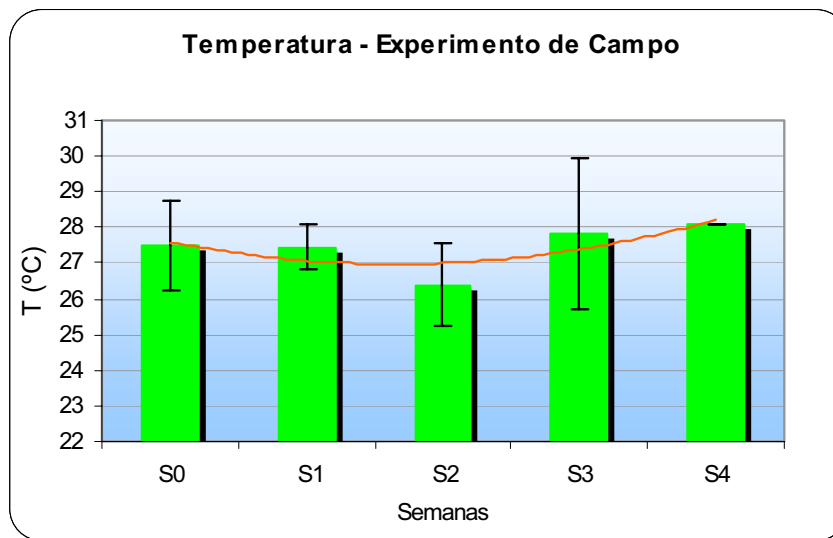


Figura 18: Valores de temperatura registrados para o Experimento de Campo

4.2.2 - Salinidade

Houve uma redução gradativa na salinidade ao longo do período de estudo (Figura 19), vindo a permanecer constante entre a terceira e quarta semana. Além disso, houve uma queda bem definida do início ao final do período, o que se pode atribuir às chuvas intensas na área. A salinidade máxima foi de 25‰ e a mínima foi de 15 ‰, sendo a média para o período de $18,6 \pm 4,16\%$ (Tabela 3).

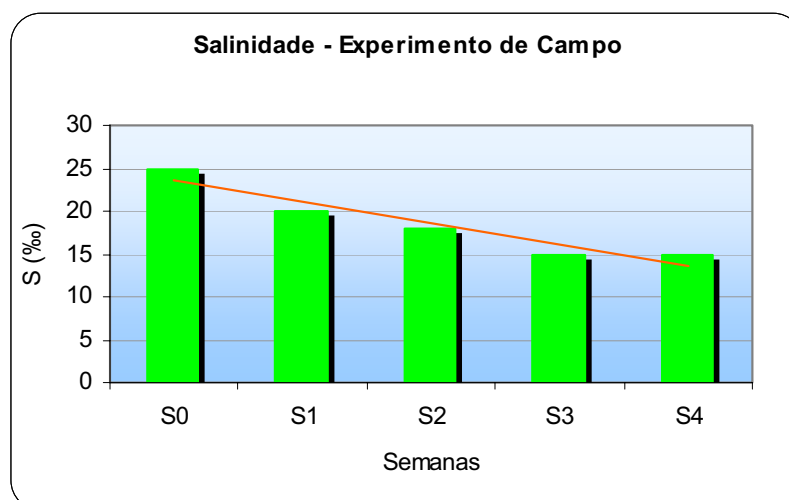


Figura 19: Valores de salinidade registrados para o Experimento de Campo

4.2.3 - pH

O pH, apesar das fortes chuvas, pouco variou durante o período do experimento, sendo o máximo de 8,5 e o mínimo de 8,2 (Tabela 3). A média para o período foi de $8,36 \pm 0,11$ e os valores médios semanais foram: inicial (8,4); 1º semana (8,5); 2º semana (8,2); 3º semana (8,3) e 4º semana (8,4) (Figura 20).

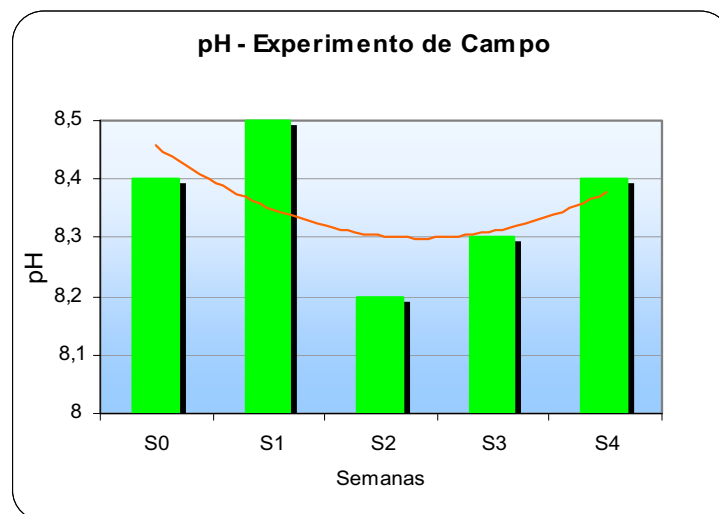


Figura 20: Valores de pH registrados para o Experimento de Campo

4.2.4 - O₂ Dissolvido

A média do oxigênio dissolvido para o período foi de $7,70 \pm 5,09$ mg/L, com valor máximo de 12,8mg/L e mínimo de 2,0mg/L (Tabela 3). As médias semanais obtidas foram: inicial (7,5mg/L); 1º semana (6,9mg/L); 2º semana (9,2mg/L); 3º semana (8,7mg/L) e 4º semana (6,1mg/L), ficando constatada certa oscilação desse parâmetro durante o período experimental (Figura 21).

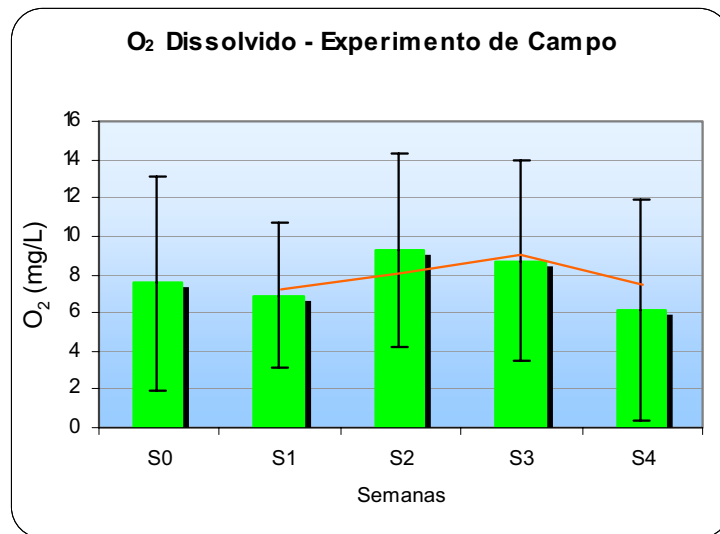


Figura 21: Valores de O₂ dissolvido registrados para o Experimento de Campo

4.2.5 - Transparência

O valor máximo da transparência foi de 45cm e mínimo de 32cm (Tabela 3). A média para o período foi de $38,20 \pm 5,26$ cm. As médias semanais foram: inicial (37cm); 1º semana (32cm); 2º semana (45cm); 3º semana (42cm) e 4º semana (35cm). Portanto, graficamente podemos observar que a transparência apresentou um padrão de variação semelhante ao do O₂ dissolvido, sofrendo pequenas oscilações no decorrer do experimento (Figura 22).

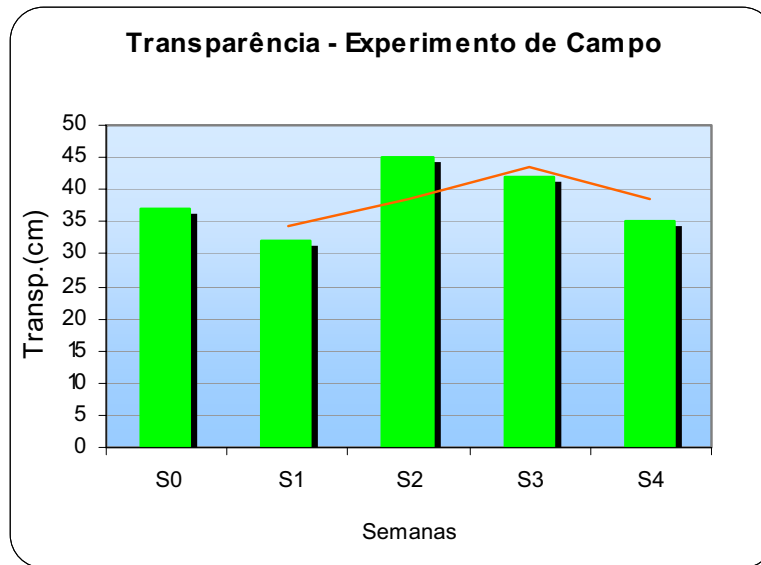


Figura 22: Valores de transparência registrados para o Experimento de Campo

4.2.6 - Precipitação Pluviométrica

As precipitações pluviométricas apresentaram uma considerável oscilação no período de estudo. A média foi $34,70 \pm 23,78\text{mm}$, sendo o máximo de $68,40\text{mm}$ e o mínimo de $5,1\text{mm}$ (Tabela 3). As médias semanais foram: inicial (45mm); 1º semana (23mm); 2º semana ($68,4\text{mm}$); 3º semana (32mm) e 4º semana ($5,1\text{mm}$) (Figura 23).

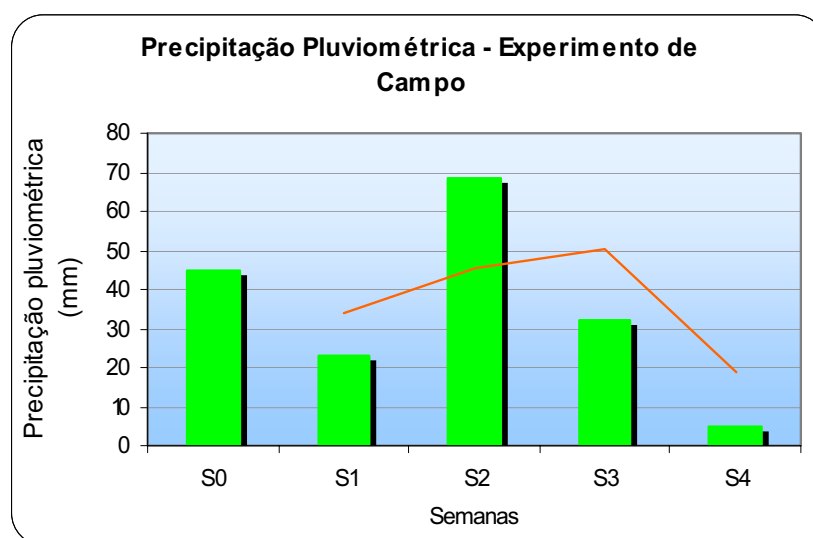


Figura 23: Valores de precipitações pluviométricas registrados para o Experimento de Campo

4.2.7 - Nutrientes

- **Amônio (NH_4^+)**

A concentração do amônio (NH_4^+) mostrou uma variação altamente significativa ($p < 0,001$). Os valores registrados do início ($3,30 \pm 0,20 \mu\text{mol.L}^{-1}$) até a primeira semana ($3,40 \pm 0,10 \mu\text{mol.L}^{-1}$) foram muito semelhantes. A partir da segunda semana foi observado um aumento importante dessa forma nitrogenada, com média de $6,70 \pm 0,30 \mu\text{mol.L}^{-1}$ e que se manteve até a terceira semana ($5,60 \pm 0,30 \mu\text{mol.L}^{-1}$). Na quarta e última semana, essa média caiu para $2,80 \pm 0,20 \mu\text{mol.L}^{-1}$ (Figura 24). A média para o período foi de $4,36 \pm 1,69 \mu\text{mol.L}^{-1}$, apresentando um valor máximo de $7,00 \mu\text{mol.L}^{-1}$ e mínimo de $2,60 \mu\text{mol.L}^{-1}$ (Tabela 3).

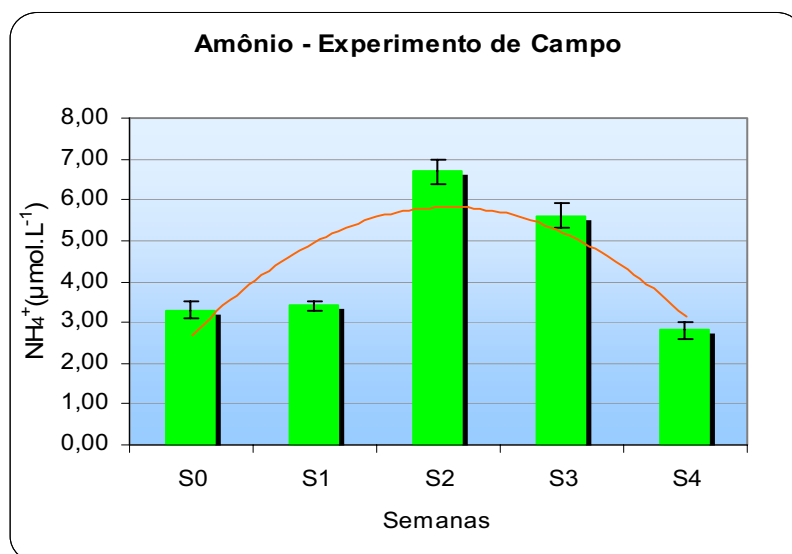


Figura 24. Valores de amônio obtidos no Experimento de Campo

- **Nitrato (NO_3^-)**

Os valores de nitrato aumentaram consideravelmente ao longo do experimento (Figura 25). No período inicial, a concentração média foi de $0,00 \pm 0,00 \mu\text{mol.L}^{-1}$. A partir da primeira semana ($0,01 \pm 0,01 \mu\text{mol.L}^{-1}$), foi observado um aumento

progressivo até a quarta e última semana, alcançando um valor máximo de $0,61 \pm 0,11 \mu\text{mol.L}^{-1}$. A média para o período foi de $0,17 \pm 0,25 \mu\text{mol.L}^{-1}$, apresentando um valor máximo de $0,72 \mu\text{mol.L}^{-1}$ e mínimo de $0,00 \mu\text{mol.L}^{-1}$ (Tabela 3).

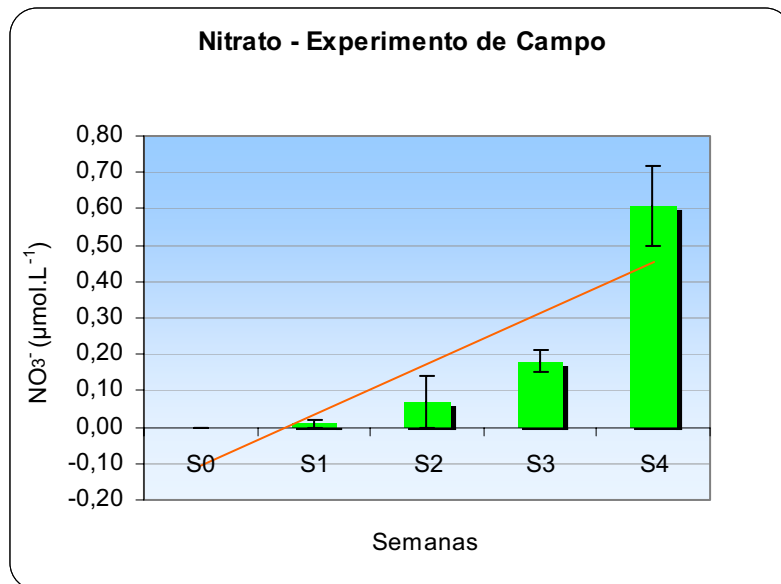


Figura 25. Valores do nitrato obtidos no Experimento de Campo

▪ **Ortofosfato (PO_4^{-2})**

Foi registrado para os valores de ortofosfato um aumento gradativo até a terceira semana (Figura 26), quando houve decréscimo. Sua média foi de $0,41 \pm 0,13 \mu\text{mol.L}^{-1}$, apresentando um valor máximo de $0,56 \mu\text{mol.L}^{-1}$ e mínimo de $0,20 \mu\text{mol.L}^{-1}$ (Tabela 3). A concentração média inicial foi de $0,40 \pm 0,00 \mu\text{mol.L}^{-1}$. Na primeira semana praticamente não houve redução, sendo a média igual a $0,41 \pm 0,00 \mu\text{mol.L}^{-1}$; na segunda semana houve um leve aumento, com média de $0,47 \pm 0,02 \mu\text{mol.L}^{-1}$; na terceira semana a média teve mais um aumento, correspondendo a $0,56 \pm 0,00 \mu\text{mol.L}^{-1}$ e na quarta e última semana, essa média caiu um pouco para $0,20 \pm 0,00 \mu\text{mol.L}^{-1}$.

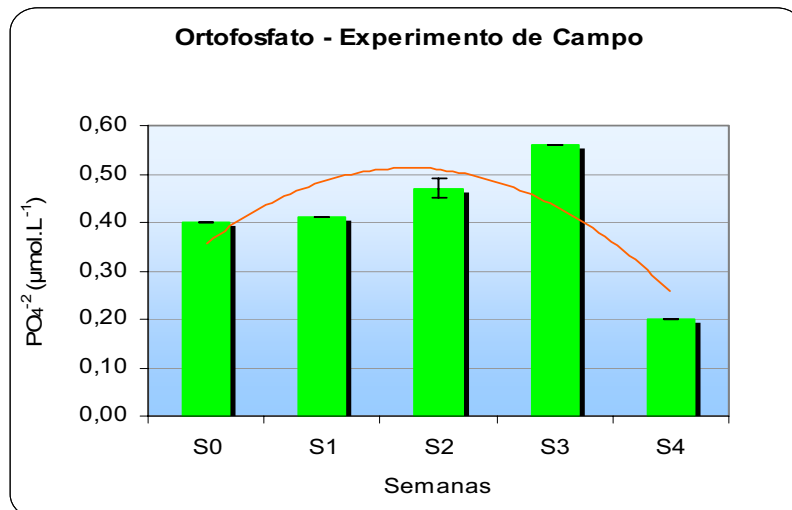


Figura 26. Valores do ortofosfato obtidos no Experimento de Campo

4.2.8 - Biomassa

No experimento de campo, a biomassa de *Ulva lactuca* apresentou uma variação altamente significativa ($F = 12,47$; $p < 0,001$), com valor máximo de 254g e mínimo de 125g, sendo a média de $203,00 \pm 41,02g$ (Tabela 3). O que demonstra portanto, ganho de biomassa durante o período de estudo. As médias semanais de biomassa, de acordo com a Figura 27, foram de: $191,33 \pm 38,55g$ (1^a semana), $242 \pm 13,11g$ (2^a semana), $239,67 \pm 8,74g$ (3^a semana) e $142 \pm 0,00g$ (4^a semana).

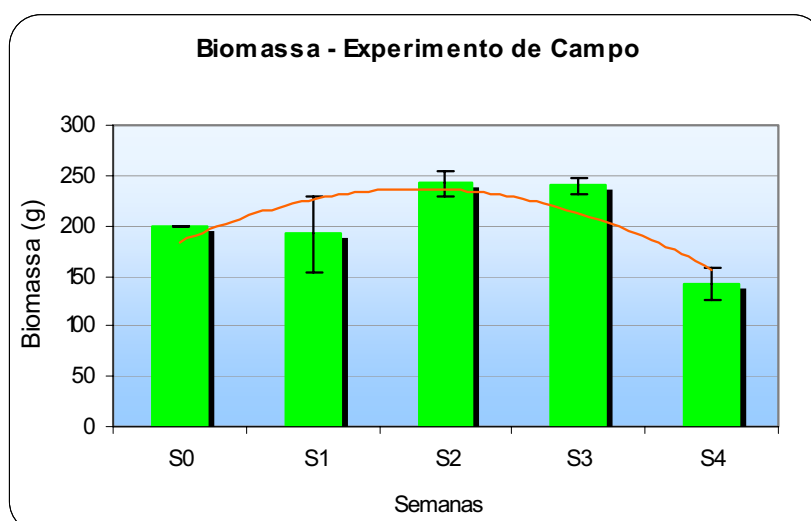


Figura 27. Valores de biomassa obtidos no Experimento de Campo

4.2.9 - TCR

A Taxa de Crescimento Relativo (TCR) apresentou uma média de $0,00 \pm 3,11\%$ dia^{-1} , com valor máximo de $3,41\%$ dia^{-1} e mínimo de $-6,71\%$ dia^{-1} (Tabela 3). As médias semanais foram: $-0,35\%$ dia^{-1} (1ª semana); $2,71\%$ dia^{-1} (2ª semana); $2,58\%$ dia^{-1} (3ª semana) e $-4,96\%$ dia^{-1} (4ª semana). Assim, a TCR só alcançou valores médios positivos na segunda e terceira semanas (Figura 28).

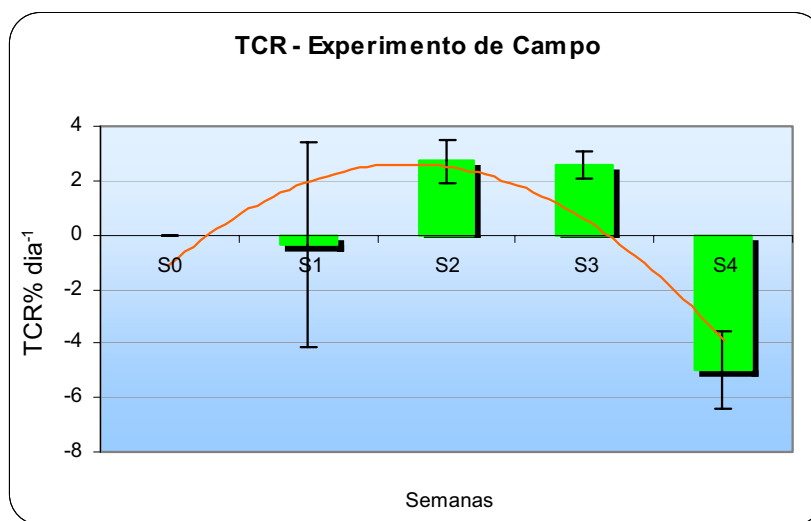


Figura 28. Valores da TCR obtidos no Experimento de Campo

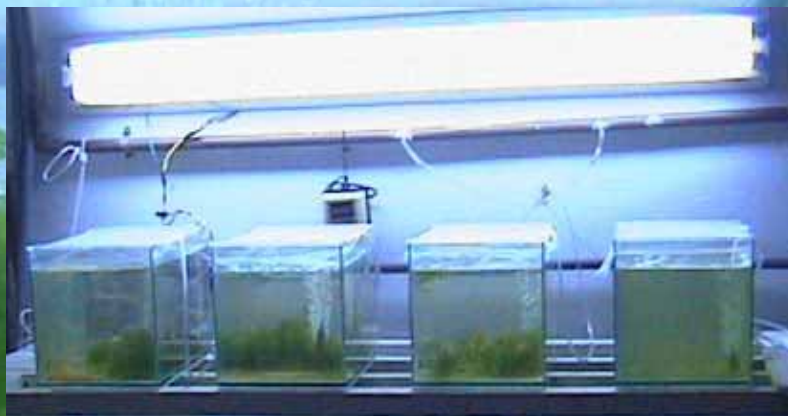
4.2.10 - Análise Estatística (Correlação de Pearson)

Tabela 4: Coeficiente de correlação (n = 15) entre os parâmetros ambientais, biomassa e TCR.

	<i>T</i> (°C)	<i>S</i> (‰)	<i>pH</i>	<i>O₂dis.</i>	<i>Transp.</i>	<i>Prec.</i>	<i>NH₄⁺</i>	<i>NO₃⁻</i>	<i>PO₄⁻²</i>	<i>BIOM</i>	<i>TCR</i>
<i>T</i> (°C)		-0,248	0,4664	-0,6935*	-0,5793*	0,9007**	-0,7041*	0,5770*	-0,4364	-0,5882*	-0,5934*
<i>S</i> (‰)			0,2551	-0,0537	-0,2543	0,3678	-0,2949	-0,6603*	0,0385	0,0383	0,1175
<i>pH</i>				-0,6041*	-0,6494*	-0,5343*	-0,6794*	0,0110	-0,3654	-0,4468	-0,4195
<i>O₂ dis.</i>					0,9037**	0,8454**	0,9440**	-0,5217*	0,8523**	0,8869**	0,8526**
<i>Transp.</i>						0,7395*	0,9025**	-0,1651	0,5852*	0,7129*	0,6275*
<i>Prec.</i>							0,7513*	-0,6615*	0,6091*	0,7361*	0,7281*
<i>NH₄⁺</i>								-0,3480	0,7435*	0,816**	0,7716**
<i>NO₃⁻</i>									-0,6973*	-0,6254*	-0,7035*
<i>PO₄⁻²</i>										0,8698**	0,8866**
<i>BIOM.</i>											0,9812**
<i>TCR</i>											

*Variações significativas ($p < 0,05$); **Variações altamente significativas ($p < 0,001$); T = Temperatura; S = Salinidade, O₂ diss. = Oxigênio Dissolvido, Transp. = Transparência, Prec. = Precipitações Pluviométricas, BIOM = Biomassa. OBS: unidade utilizadas - O₂ dissolvido (mg/L), Transparência (cm), Precipitações Pluviométricas (mm), NH₄⁺, NO₃⁻ e PO₄⁻ (μmol.L⁻¹) e TCR (%dia⁻¹).

DISCUSSÃO



Experimento em laboratório

5. DISCUSSÃO

A evolução da biomassa nos experimentos de laboratório e campo foi bastante semelhante. Em geral, foi observada uma tendência natural de ganho de peso nas primeiras semanas e uma queda visível nos dias posteriores, o que corrobora com resultados encontrados em *Ulva* por COHEN & NEORI (1991); NEORI (1991); NEORI *et al.* (1991, 1996, 1998 e 2000).

A diferença entre os dois experimentos está no fato de que o aumento de biomassa em laboratório ocorreu do início até a segunda semana, com crescimento positivo; enquanto no campo, o acréscimo de biomassa se prolongou até a terceira semana. No experimento laboratorial, sob condição constante de luz ($250\mu\text{mol}\cdot\text{m}^2\cdot\text{l}^{-1}$) e salinidade (35‰), o ganho de biomassa deveria ter ocorrido até a terceira semana, contudo, foram observados sinais sutis de herbivoria nas lâminas de *U. lactuca* e isso pode ser atribuído talvez, a uma pequena colonização de micro-crustáceos que não foram detectados no momento da triagem.

Segundo DEL CAMPO *et al.* (1998); um dos maiores problemas associados ao cultivo de *Ulva* é a rápida perfuração da lâmina, seguida pela fragmentação desta, o que acarreta uma perda gradual de biomassa em poucas semanas em um tanque de cultivo. No presente estudo foi observado na última semana de experimento de campo, que o “fouling”, constituído por epífitas e sedimentos finos do viveiro, formou uma espessa camada nas lâminas, o que dificultou a absorção de luz, diminuindo a capacidade fotossintética da *U. lactuca*. Além disso, durante o período de estudo no viveiro, foi observado sobre as gaiolas um crescimento maciço de macroalgas do gênero *Enteromorpha*, as quais devem ter contribuído para a diminuição da intensidade de luz ao nível das macroalgas e por conseqüência, houve redução do crescimento.

A importância da luz para o desenvolvimento da espécie foi também comprovada em relação à transparência da água. Nesse estudo, foi encontrada uma correlação positiva entre a transparência da água e as variáveis biomassa ($r=0,71$) e crescimento ($r=0,62$), evidenciando a influência desse parâmetro sobre o desempenho

da alga. Em geral, a redução na absorção da luz ao nível das macroalgas é causada pelo aumento da turbidez e/ou pela deposição de partículas sólidas sobre os tecidos fotossintéticos (JONES *et al.*, 2001). De acordo com LOBBAN *et al.* (1985), a perda da integridade estrutural e aumento da incidência de doenças podem ser exacerbados pela redução da fotossíntese. Em efeito, a fina camada de “fouling” observada sobre os talos das algas nas últimas semanas de experimento, provavelmente deve ter contribuído para a diminuição da capacidade fotossintética, resultando numa redução da produtividade algal.

A concentração de nutrientes, registrada no viveiro durante o período de estudo, mostrou características de ambientes eutrofizados. Segundo NUNES (2002), os níveis elevados de nutrientes presentes na fazendas de camarão, são resultantes do excesso de ração, dos fertilizantes empregados na adubação dos viveiros e dos produtos metabólicos produzidos pelos camarões em cultivo. De acordo com BOYD & GREEN (2002); para que a qualidade da água seja adequada para o desenvolvimento dos animais cultiváveis, a amônia não deveria exceder $3\mu\text{mol.L}^{-1}$; o nitrato, $0,01\mu\text{mol.L}^{-1}$ e o ortofosfato, $0,10\mu\text{mol.L}^{-1}$.

No presente estudo, o íon amônio (NH_4^+) apresentou valores mais elevados na segunda e na terceira semana do experimento em campo, coincidindo com o aumento das precipitações pluviométricas ($r=0,75$). Isso pode ser atribuído à lavagem do solo pelas chuvas, carreando matéria orgânica para os viveiros. De acordo com estudos anteriores (DEBOER, 1981; FUJITA, 1985; LOBBAN *et al.* 1985; JIMENEZ DEL RIO, 1994 e 1996; NEORI *et al.*, 2004; MACVOY & KLUG, 2005), o crescimento das macroalgas é estimulado pelo aumento da concentração de nutrientes dissolvidos na água. No caso do gênero *Ulva*, que é considerado “nitrófilo”, dada a grande afinidade pelas formas nitrogenadas, especialmente o íon amônio (COHEN & NEORI, 1991; PEDERSEN, 1994; NEORI *et al.*, 1996; MATA & SANTOS, 2003; SCHUENHOFF *et al.*, 2003 e 2006), a maior taxa de crescimento ($2,71\%\text{dia}^{-1}$) obtida em campo se deu na segunda semana, coincidindo com a maior concentração do íon amônio ($6,70 \pm 0,30\mu\text{mol.L}^{-1}$) para o período. Assim no presente estudo, o ganho de biomassa por *Ulva lactuca* pode ser atribuído também às altas concentrações de NH_4^+ na água, o qual foi comprovado pela forte correlação entre este parâmetro com a biomassa ($r=0,82$) e a TCR (0,77).

Esta mesma característica positiva foi evidenciada entre PO_4^{-2} e o desenvolvimento da espécie. Vários estudos relatam a importância de formas fosfatadas para espécies do gênero *Ulva* (PEDERSEN 1993; DELGADO *et al.* 1996; LYNGBY *et al.* 1999). De fato, o fósforo está relacionado à constituição dos tecidos algais e seu principal papel está na transferência de energia através do ATP, sendo essencial nos processos de fotossíntese e respiração (LEE *et al.*, 2005). Pela relevância do fósforo para o metabolismo algal e pela contribuição nos processos de eutrofização no meio, muitos trabalhos tem sido feitos no sentido de se utilizar macroalgas para a remoção de formas fosfatadas dissolvidas na água (VANDERMEULEN & GORDIN, 1990; BUSCHMANN *et al.*, 1996; TROEL *et al.*, 1997; NEORI *et al.*, 1998; MARTÍNEZ-ARAGÓN *et al.*, 2002; MMOCHI & MWANDYA, 2003).

Enquanto a espécie apresentou afinidade pelo NH_4^+ e PO_4^{-2} , o inverso foi observado para o NO_3^- . Isso pode estar relacionado ao fato de que, para a assimilação desta forma nitrogenada, a alga necessita da enzima nitrato redutase, ocasionando um gasto maior de energia para a transformação de NO_3^- em NH_4^+ . Estudos revelaram que o NH_4^+ é assimilado pelas macroalgas mais rapidamente que o NO_3^- ou NO_2^- e sua presença normalmente inibe a assimilação de NO_3^- ou NO_2^- (D'ELIA & DEBOER, 1978; HAINES & WHEELER, 1978; HANISAK & HARLIN, 1978; HARLIN, 1978; TOPINKA, 1978; RYTHER *et al.*, 1981).

Em se tratando da capacidade de remoção de nutrientes, o que se observou em laboratório foi uma diminuição bastante acentuada do NH_4^+ (83%), ou seja, a concentração inicial era $19,8 \mu\text{mol.L}^{-1}$ e caiu para $3,30 \pm 0,30 \mu\text{mol.L}^{-1}$ na última semana, com esse resultado é possível concluir que houve absorção efetiva do amônio pela *U. lactuca*. O mesmo ocorreu com o NO_3^- (83%), a concentração inicial era de $2,30 \pm 0,07 \mu\text{mol.L}^{-1}$ e caiu para $0,39 \pm 0,07 \mu\text{mol.L}^{-1}$. O aumento do NO_3^- observado na segunda semana, deve ter ocorrido devido às transformações do íon amônio e da amônia livre em nitrato pela ação bacteriana, comprovada pelas correlações positivas entre as duas formas ($r = 0,76$). Já o PO_4^{-2} , apresentou uma remoção de 53%, levando-se em conta que a concentração inicial era de $2,38 \pm 0,02 \mu\text{mol.L}^{-1}$ e a final de $1,13 \pm 0,01 \mu\text{mol.L}^{-1}$.

Comparando os resultados do presente estudo com os de outros autores, a eficiência de remoção do nitrogênio inorgânico dissolvido total (amônia livre e ionizada

e pequenas quantidades de nitrato e nitrito), segundo COHEN & NEORI (1991), a *Ulva lactuca* obteve 40% e NEORI *et al.* (1996), 58%. JIMENEZ DEL RIO *et al.* (1994; 1996), obtiveram em *Ulva rigida*, uma taxa de 33% e MATA & SANTOS (2003), em *Ulva rotundata*, acharam 60%. PELLETIER *et al.* (2001), observaram uma redução de 40% na forma tóxica da amônia e NEORI *et al.* (2003), constataram uma redução de 80%. Em relação ao PO_4^{-2} , NEORI *et al.* (1998), usaram *U. lactuca* e *G. conferta*, as quais removeram em torno de 25% do ortofosfato em um sistema integrado, contudo a remoção mais eficiente ocorreu em 24h e correspondeu a mais de 84,8%.

Através dos resultados obtidos nesse estudo, pôde-se comprovar e preferência da *Ulva lactuca* pelas formas nitrogenadas, haja vista a diferença das taxas de absorção de NH_4^+ e NO_3^- em relação a do PO_4^{-2} . Quase todo o amônio foi removido assim como o nitrato. Além disso, a taxa de crescimento relativo positiva observada em laboratório demonstrou a eficiência da *Ulva lactuca* em crescer em condições eutróficas, absorvendo o excesso de nutrientes nitrogenados e fosfatados dissolvidos na água.

Com base nos resultados obtidos nesse estudo, podemos considerar que a espécie *Ulva lactuca* pode ser cultivada em viveiros de camarão com a finalidade de ser utilizada como biofiltro. Esta afirmação é comprovada pelas taxas de crescimento alcançadas pela espécie durante o período de experimento em laboratório (média máxima de $5,65\% \text{dia}^{-1}$) e em condições de campo (média máxima de $3,41\% \text{dia}^{-1}$). A espécie também exibiu uma alta capacidade de biofiltração para o nitrogênio e o fósforo, em especial para as formas nitrogenadas NH_4^+ (83%) e NO_3^- (83%), demonstrando assim que pode ser usada como um eficiente biofiltro.

BIBLIOGRAFIA



6. BIBLIOGRAFIA

AMARAL, R. F., SANTOS, O. F., SCUDELARI, A. C., Alterações geomórficas na embocadura da Laguna de Guaraíras-RN. In: IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, II Congresso do Quaternário de Países de Línguas Ibéricas, II Congresso sobre Planejamento e Gestão da Zona Costeira dos Países de Expressão Portuguesa, Recife, Anais do Congresso, 2003.

BARRAZA, J., CARBALLEIRA, A., Chlorophyll fluorescence analysis and cadmium copper bioaccumulation in *Ulva rigida* (C. Agardh), Bol. Inst. Esp. Oceanogr. 15(1-4): 395-399, 1999.

BEACH, K. S., SMITH, C. M., MICHAEL, T. M., SHIN, H. W., Photosynthesis in reproductive unicells of *Ulva fasciculata* and *Enteromorpha flexuosa*: implications for ecological success, Mar. Ecol. Prog. Ser. 125:129-37, 1995.

BEVERIDGE, M. C. M, Cage Aquaculture, 2nd ed., Fishing News Books Ltda., Cambridge, 346 pp., 1996.

BORGHETTI, N. R. B., OSTRENSKY, A., BORGHETTI, J. R., Aqüicultura: uma visão sobre a produção de organismos aquáticos no Brasil e no mundo, GIA, Curitiba, 129p., 2003.

BOYD, C. E., Water Quality in Ponds for Aquaculture, Alabama agricultural experiment station, Auburn University, Auburn, Alabama, 1990.

BOYD, C. E., GREEN, B. W., Coastal water quality monitoring in shrimp farming areas, an example from Honduras, Report prepared under the World Bank, NACA, WWF and FAO Consortium Program on Shrimp Farming and the Environment, Work in Progress for Public Discussion, Department of Fisheries and Allied Aquacultures, Auburn University, Alabama, USA, 2002.

BROWN, V. B., DAVIES, S. A., SYNNOT, R. N., Long-term monitoring of the effects of sewage effluent on intertidal macroalgae, Bot. Mar. 33:85-98, 1990.

BURGESS, R. M., PELLETIER, M. C., HO, K. T., SERBST, J. R., RYBA, S. A., KUHN, A., PERRON, M. M., RACZELOWSKI, P., CANTWELL, M. G., Removal of ammonia toxicity in marine sediment TIEs: a comparison of *Ulva lactuca*, zeolite and aeration methods, Marine Pollution Bulletin 46:607-618, 2003.

BUSCHMANN, A. H., MORA, O. A., GÓMEZ, P., BÖTTGER, M., BUITANO, S., RETAMALES, C., VERGARA, P. A., GUTIERREZ, A., *Gracilaria chilensis* outdoor tank cultivation in Chile: use of land-based salmon culture effluents, Aquacult. Eng. 13, 283-300, 1994.

BUSCHMANN A. H., TROELL, M., KAUTSKY, N., KAUTSKY, L., Integrated cultivation of salmonids and *Gracilaria chilensis* (Gracilariales, Rhodophyta), Hydrobiologia 326/327: 75-82, 1996.

CAPERON, J., MEYER, J., Nitrogen-limited growth of marine phytoplankton: Part II. Uptake kinetics and their role in nutrient-limited growth of phytoplankton, *Deep Sea Res.* 19, 619–632, 1972.

CHIANG, Y. M., Cultivation of *Gracilaria* (Rhodophyta – Gigartinales) in Taiwan. *Proc. Int. Seaweed Symp.* 10: 569-574, 1981.

CHOPIN, T., BUSCHMANN, A. H., HALLING, C., TROELL, M., KAUSTSKY, N., NEORI, A., Integrating seaweeds into marine aquaculture systems – a key toward sustainability, *J. Phycol.* 37:975 – 986, 2001.

CLAVER, D. A., CARVALHO, M. F., SANTELLI, R. E., Utilização de *Ulva lactuca* (Chlorophyta, Ulvales) na Identificação de Toxicidade por Amônia e Metais pesados em Efluentes Líquidos da Reduc - Refinaria Duque de Caxias e Águas Fluviais, Complexo Iguazu-Sarapuí, RJ, 2003.

COHEN, I., NEORI, A., *Ulva lactuca* biofilters for marine fishpond effluents. I. Ammonia uptake kinetics and nitrogen content, *Bot. Mar.* 34: 475–482, 1991.

CONWAY, H. L., HARRISON, P. J., DAVIS, C. O., Marine diatoms grown in chemostats under silicate or ammonium limitation, II. Transient response of *Skeletonema costatum* to single addition of the limiting nutrient, *Mar. Biol.* 35:187–99, 1976.

DAVIES, A. G., Nutrient interactions in the marine environment, *Annu. Proc. Phytochem. Soc. Eur.* 28: 241-256, 1988.

DEBOER, J. A., Nutrients in the biology of seaweeds, University of Virginia, Berkeley, pp. 354-392, 1981.

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

DEL CAMPO, E., GARCÍA REINA, G., CORREA, J.A., Degradative disease in *Ulva rigida* (Chlorophyceae) associated with *Acrochaete geniculata* (Chlorophyceae), *Journal of Phycology* 34:160-166, 1998.

DE CASABIANCA, M. L., POSADA, F., Environmental parameters on the growth of *Ulva rigida* (Thau Lagoon, France), *Bot. Mar.* 41, 157–165, 1998.

DELGADO, O., RODRÍGUEZ-PRIETO, C., GARCIA, E., BALLESTEROS, E., Lack of severe nutrient limitation in *Caulerpa taxifolia* (Vahl) C Agardh, an introduced seaweed spreading over the oligotrophic Northwestern Mediterranean, *Bot. Mar.* 39: 61–67, 1996.

D'ELIA, C., DEBOER, J., Nutritional studies of two red algae: II. Kinetics of ammonia and nitrate uptake *J. Phycol.* 14, 266–272, 1978.

DUARTE, C. M., Submerged aquatic vegetation in relation to different nutrient regimes, *Ophelia* 41:87–112, 1995.

DY, D. T., YAP, H. T., Surge ammonium uptake of the cultured seaweed *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty (Rhodophyta: Gigartinales), *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 265: 89–100, 2001.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Aquaculture production, Yearbook of Fishery Statistics, Vol.96/2, Rome, Italy, 2003.

FAO, Inland Water Resources and Aquaculture Service (FIRI), C2004-Suplicy, F.M., National Aquaculture Sector Overview, Brazil - National Aquaculture Sector Overview Fact Sheets, Rome, 2006.

FUJITA, R. M., The role of nitrogen status in regulating transient ammonium uptake and nitrogen storage by macroalgae, *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 92:283–301, 1985.

GÁRCIA-SÁNCHEZ, M. J., FERNÁNDEZ, J. A., NIELL, F. X., Photosynthetic response of P-deficient *Gracilaria tenuistipitata* under two different phosphate treatments, *Physiol. Plant.* 96: 601–606, 1996.

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.

HAGLUND, K., LINDSTROM, J., The potential use of macroalgae for removal of nutrients from sewage water in East Africa, *Ambio* 24: 510–512, 1995.

HAINES, K.C., WHEELER, P.A., Ammonium and nitrate uptake by the marine macrophytes *Hypnea musciformis* (Rhodophyta) and *Macrocystis pyrifera* (Phaeophyta). *J. Phycol.* 14, 319–324, 1978.

HALL, P. O. J., HOLBY, O., KOLLBERG, S., SAMUELSSON, M. O., Chemical fluxes and mass balances in a marine fish cage farm. IV. Nitrogen, *Marine Ecology Progress Series* 89:81–91, 1992.

HANDY, R. D., POXTON, M. G., Nitrogen pollution in marine culture: toxicity and excretion of nitrogenous compounds by marine fish, *Rev. Fish Biol. Fish.* 3: 205–24, 1993.

HANISAK, M. D., HARLIN, M. M., Uptake of inorganic nitrogen by *Codium fragile* subsp. *tomentosoides* (Chlorophyta), *Journal of Phycology* 14: 450–454, 1978.

HANISAK, M. D., SAMUEL, M. A., The influence of major environmental factors on the growth of *Gracilaria tikvahiae* in culture, *J. Phycol.* 19 (Suppl). 6, 1983.

HARLIN, M.M., Nitrate uptake by *Enteromorpha* spp. Chlorophyceae : applications to aquaculture systems. *Aquaculture* 15, 373–376, 1978.

HERNÁNDEZ, I., MARTÍNEZ-ARAGÓN, J. F., TOVAR, A., PÉREZ-LLORÉNS, J. L., VERGARA, J. J., Biofiltering efficiency in removal of dissolved nutrients by three species of estuarine macroalgae cultivated with sea bass (*Dicentrarchus labrax*) waste waters 2. Ammonium, *Journal of Applied Phycology* 14: 375–384, 2002.

HO, Y. B., Mineral element content in *Ulva lactuca* L. with reference to eutrophication in Hong Kong coastal waters, *Hydrobiologia* 77: 43-47, 1981.

HO, Y.B., *Ulva lactuca* (Chlorophyta, Ulvales) in Hong Kong intertidal waters - its nitrogen and phosphorus contents and its use as a bioindicator of eutrophication, *Asian Mar. Biol.* 4: 97-102, 1987.

HO, Y. B., *Ulva lactuca* as bioindicator of metal contamination in intertidal waters in Hong Kong, *Hydrobiologia* 203: 73-81, 1990.

HO, K. T., KUHN, A., PELLETIER, M. C., BURGESS, R. M., HELMSTETTER, A., Use of *Ulva lactuca* to distinguish pH-dependent toxicants in marine waters and sediments, *Environ Toxicol Chem* 18:207-212, 1999.

HO, K. T., KUHN, A., PELLETIER, M. C., MCGEE, F., BURGESS, R. M., SERBST, J. R., Sediment toxicity assessment: comparison of standard and new testing designs, *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 39, 462–468, 2000.

HO, K. T., BURGESS, R. M., PELLETIER, M. C., SERBST, J. R., RYBA, S. A., CANTWELL, M. G., KUHN, A., RACZELOWSKI, P., An overview of toxicant identification in sediments and dredged materials, *Marine Pollution Bulletin* 44, 286–293, 2002.

HOLBY, O., HALL, P. O. J., Chemical fluxes and mass balances in a marine fish cage farm. II. Phosphorus, *Marine Ecology Progress Series*, 70: 263–272, 1991.

IWAMA, G. K., Interactions between aquaculture and the environment, *Crit. Rev. Environ. Contr.* 21: 177–216, 1991.

JIMENEZ DEL RIO, M., RAMAZANOV, Z., GARCIA-REINA, G., Optimization of yield and biofiltering efficiencies of *Ulva rigida* C. Ag. Cultivated with *Sparus aurata* L. waste waters, *Sci. Mar.* 58 (4): 329–335, 1994.

JIMENEZ DEL RIO, M., RAMAZANOV, Z., GARCIA-REINA, G., *Ulva rigida* (Ulvales, Chlorophyta) tank culture as biofilters for dissolved inorganic nitrogen from fishpond effluents, *Hydrobiologia* 326/327: 61–66, 1996.

JOHNSON, D.A., WELSH, B.L., Detrimental effects of *Ulva lactuca* (L.) exudates and low oxygen on estuarine crab larvae, *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 86: 73-83, 1985.

JONES, A. B., STEWART, G. R., DENNISON, W. C., Macroalgal responses to nitrogen source and availability: amino acid metabolic profiling as a bioindicator using *Gracilaria edulis* Rhodophyta, *J. Phycol.* 32: 757–766, 1996.

JONES, A. B., DENNISON, W. C., PRESTON, N. P., Integrated treatment of shrimp effluent by sedimentation, oyster filtration and macroalgal absorption: a laboratory scale study, *Aquaculture* 193: 155–178, 2001.

KAMERMANS, P., MALTA, E., VERSCHUURE, J. M., LENTZ, L. F., SCHRIJVERS, L., Role of cold resistance and burial for winter survival and spring initiation of an *Ulva* spp. (Chlorophyta) bloom in a eutrophic lagoon (Veerse Meer lagoon, The Netherlands), *Marine Biology*, 131: 45–51, 1998.

KROM, M. D., NEORI, A., A total nutrient budget for an experimental intensive fishpond with circulatory moving seawater, *Aquaculture* 88, 345–358, 1989.

LAPOINTE, B. E., TENORE, R., Experimental outdoor studies with *Ulva fasciata* Delile. I. Interaction of light and nitrogen on nutrient uptake, growth and biochemical composition, *J. exp. Mar. Biol. And Ecol.* 53, 135–152, 1981.

LAPOINTE, B. E., Phosphorus and Nitrogen limited photosynthesis and growth of *Gracilaria tikvahiae* (Rhodophyceae) in the Florida Keys: an experimental field study, *Mar. Biol.*, 93: 561–568, 1987.

LARTIGUE, J., NEIL, A., HAYDEN, L. B., PULFER, J., CEBRIAN, J., The impact of salinity fluctuations on net oxygen production and inorganic nitrogen uptake by *Ulva lactuca* (Chlorophyceae), *Aquatic Botany* 75: 339–350, 2003.

LAVERY, P. S., MCCOMB, A. J., The nutritional ecophysiology of *Chaetomorpha linum* and *Ulva rigida* in Peel Inlet, Western Australia, *Botanica Marina* 34: 251–260, 1991.

LEE, T. M., Phosphate starvation induction of acid phosphatase in *Ulva lactuca* L. (Ulvales, Chlorophyta), *Bot. Bull. Acad. Sin.* 41:19–25, 2000.

LEE, W. Y., WANG, W. X., Metal accumulation in the green macroalga *Ulva fasciata*: effects of nitrate, ammonium and phosphate, *the Science of the Total Environment* 278:11–22, 2001.

LEE, T., M., TSAI, P., F., SHYU, Y., T., SHEU, F., The effects of phosphite on phosphate starvation responses of *Ulva Lactuca* (Ulvales, Chlorophyta), *J. Phycol.* 41, 975–982, 2005.

LITTLER, M. M., Morphological form and photosynthetic performances of marine macroalgae: test of a functional form hypothesis, *Bot. Mar.* 22:161–165, 1980.

LITTLER, M. M., LITTLER, D. S., The evolution of thallus form and survival strategies in benthic marine macroalgae: field and laboratory tests of a functional form model, *Am. Nat.* 116:25–44, 1980.

LOBBAN, C. S., HARRISON, P. J., DUNCAN, M. J., The Physiological Ecology of Seaweed, Cambridge University Press, 1985.

LOWTHION, D., SOULSBY, P. G., HOUSTON, M., Investigation of a eutrophic tidal basin: part., factors affecting the distribution and biomass of macroalgae, Mar. Environ. Res. 15:263–284, 1985.

LYNGBY, J.E., MORTENSEN, S., AHRENSBERG, N., Bioassessment techniques for monitoring of eutrophication and nutrient limitation in coastal ecosystems, Mar. Pol. Bull. 39: 212–223, 1999.

MALTA, E. J., VERSCHUURE, J. M., Effects of environmental variables on between-year variation of *Ulva* growth and biomass in a eutrophic brackish lake, Journal of Sea Research 38: 71–84, 1997.

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.

MARKAGER, S. SAND-JENSEN, K., Heterotrophic growth of *Ulva lactuca* (Chlorophyceae), J. Phycol. 26: 670-673, 1990.

MARTÍNEZ-ARAGÓN, J. F.; HERNÁNDEZ, I.; PÉREZ-LLORÉNS J. L.; VÁZQUEZ, R.; VERGARA, J. J., Biofiltering efficiency in removal of dissolved nutrients by three species of estuarine macroalgae cultivated with sea bass (*Dicentrarchus labrax*) wastewaters 1. Phosphate, Journal of Applied Phycology 14: 365–374, 2002.

MATA, L., SANTOS, R., Cultivation of *Ulva rotundata* (*Ulva*, Chlorophyta) in raceways, using semi-intensive fishpond effluents: yield and biofiltration, apud: CHAPMAN, A.R., ANDERSON, R.J., VREELAND, V.J., DAVISON, I.R. (Eds.), Proceedings of the 17th International Seaweed Symposium, Cape Town 2001, Oxford University Press, pp. 237–242, 2003.

MCAVOY, K. M., KLUG, J. L., Positive and negative effects of riverine input on the estuarine green alga *Ulva intestinalis* (syn. *Enteromorpha intestinalis*) (Linnaeus), Hydrobiologia 545:1–9, 2005.

MMOCHI, A., J., MWANDYA, A., W., Water Quality in the Integrated Mariculture Pond Systems (IMPS) at Makoba Bay, Zanzibar, Tanzania, Western Indian Ocean J. Mar. Sci. Vol. 2, N° 1, pp. 15–23, 2003.

MONEGATO, A., NICOLUCCI, C., BERNSTEIN, A. G., DE POLI, F., SAGHINI, G., SCARTON, F., The world's first production of paper using algae from the Venice Lagoon, Januachem, 92, Atti XVII Congr. Naz. Sic. Chim. Ital. Genova, 25-30/10/92: 516-517, 1992.

MORAND, P., BRIAND, X., Excessive growth of macroalgae: a symptom of environmental disturbance, Botanica Marina 39:491–516, 1996.

MUNDAY, B. W., ELEFTERIOU, A., KENTOURI, M., DIVANACH, P., The Interaction of aquaculture and the environment, a bibliographical review, commissioners of the European Community, Brussels DGXIV/D/3, 1992.

NALDI, M., VIAROLI, P., Nitrate uptake and storage in the seaweed *Ulva rigida* C. Agardh in relation to nitrate availability and thallus nitrate content in a eutrophic coastal lagoon (Sacca di Goro, Po River Delta, Italy), J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 269: 65–83, 2002.

NALDI, M., WHEELER, P., N measurements of ammonium and nitrate uptake by *Ulva fenestrata* (Chlorophyta) and *Gracilaria pacifica* (Rhodophyta): Comparison of net nutrient disappearance, release of ammonium and nitrate and N accumulation in algal tissue, J. Phycol. 38:135-144, 2002.

NAYLOR, R. L., GOLDBURG R. J., PRIMAVERA J. H., KAUTSKY N., BEVERIDGE M. C. M., CLAY J., Effect of aquaculture on world fish supplies, Nature 405: 1017–1024, 2000.

NELSON, S. G.; GLEEN, E. P.; CONN, J.; MOORE, D.; WALSH, T & AKUTAGAWA, M.; Cultivation of *Gracilaria parvispora* Rhodophyta in shrimp-farm effluent ditches and floating cages in Hawaii: a two-phase polyculture system, Aquaculture 193:239–248, 2001.

NEORI, A., KROM, M. D., COHEN, I., GORDIM, H., Water quality conditions and particulate chlorophyll a of new intensive seawater fishponds in Eliat, Israel: daily variations, Aquaculture, 80:63-78, 1989.

NEORI, A., Use of seaweed biofilters to increase mariculture intensification and upgrade its effluents (in Hebrew). Fisheries and Fish-breeding in Israel: Review of Fisheries in Israel 24: 171–179, 1991.

NEORI, A., COHEN, I., GORDIN, H., *Ulva lactuca* biofilters for marine fishpond effluents: II. Growth rate, yield and C:N ratio, Bot. Mar. 34, 483–489, 1991.

NEORI, A., KROM, M. D., ELLNER, S. P., BOYD, C. E., POPPER, D., RABINOVITCH, R., Seaweed biofilters as regulators of water quality in integrated fish-seaweed culture units, Aquaculture 141: 183–199, 1996.

NEORI, A., RAGG, N. L. C., SHPIGEL, M. The integrated culture of seaweed, abalone, fish and clams in modular intensive land-based systems: II. Performance and nitrogen partitioning within an abalone (*Haliotis Tuberculata*) and macroalgae culture system, Aquacultural Engineering, 17: 215-239, 1998.

NEORI, A., SHPIGEL, M., Algae treat effluents and feed invertebrates in sustainable integrated mariculture, World Aquaculture 30: 46–49, 1999.

NEORI, A., SHPIGEL, M., BENEZRA, D., A sustainable integrated system for culture of fish, seaweed and abalone, Aquaculture 186:279–291, 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.

NEW, M. B., Global aquaculture: current trends and challenges for the 21st century, *World Aquacult.* 30: 8–14; 63–79, 1999.

NUNES, A.J. P., Tratamentos de efluentes e recirculação da água na engorda de camarão marinho, panorama de aqüicultura – Maio/Junho, 2002.

OLAFSON, E. B., Inhibition of larval settlement to a soft bottom community by drifting algal mats: an experimental test. *Mar. Biol.* 97: 571-574, 1988.

PÁDUA, H. B., Conhecimento e utilização das variáveis físicas, químicas e biológicas na aqüicultura dulcícola brasileira. - Biodiversidade na aqüicultura. IV Simp. Bras. sobre cultivo de camarão - I Cong. Bras. de Aqüicultura-Feira Tec., e Produtos para Aqüicultura (Anais) João Pessoa, v.1, único, p.315-357,1993.

PÁDUA, M., GROWOSKI, P. S., MATHIAS, A. L., Chemical Composition of *Ulvaria oxysperma* (Kützling) Bliding, *Ulva lactuca* (Linnaeus) and *Ulva fasciata* (Delile), *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Vol.47, n. 1 : pp. 49-55, 2004.

PAGAND, P. Traitement des effluents piscicoles marins par lagunage a haut rendement algal. Montpellier, France, Thèse (Doctorat en Hydrologie – Sciences de l'Eau et Aménagement) – Unités de Formation et de Recherche Pharmaceutiques, Université de Montpellier I. p.44-179, 1999.

PENCZAK, T., GALICKA, W., KUSTO, E., ZALEWSKI, M., The enrichment of a mesotrophic lake of carbon, phosphorus and nitrogen from the cage aquaculture of rainbow trout, *Salmo gairdneri*, *Journal of Applied Ecology*, 19: 371–393, 1982.

PEDERSEN, M.F., Growth and nutrient dynamics in marine plants, PhD Dissertation, University of Copenhagen, 1993.

PEDERSEN, M. F., Transient ammonium uptake in the macroalga *Ulva lactuca* (Chlorophyta): nature, regulation and the consequences for choice of measuring technique, *J. Phycol.* 30.:980–986, 1994.

PELLETIER, M.C., HO, K.T., CANTWELL, M.G., KUHN-HINES, A., JAYARAMAN, S., BURGESS, R.M., Use of *Ulva lactuca* to identify ammonia toxicity in marine and estuarine sediments. *Environmental Toxicology and Chemistry* 20, 2852–2859, 2001.

PHILLIPS, M. J., BEVERIDGE, M. C. M., MUIR, J. F., Waste output and environmental effects of rainbow trout cage culture, Int. Counc. Explor. Sea, Comm. Meet. 1985/F: 21, Mariculture Commission Session, W: 1–18, 1985.

PILLAY, T., Desalhenges of sustainable aquaculture. Word Aquaculture, Baton rouge. Vol 27, n 2. P. 07 – 09, 1996.

PINCHETTI, J. L. G., FERNANDEZ, E. D. C., DIEZ, P. M., REINA, G. G., Nitrogen availability influences the biochemical composition and photosynthesis of tank-cultivated *Ulva rigida* (Chlorophyta), J. Appl Phycol, 10:383-389, 1998.

PORRELLO, S., FERRARI, G., LENZI, M., PÉRSIA, E., Ammonia variations in phytotreatment ponds of land-based fish farm wastewater, Aquaculture 219: 485–494, 2003a.

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 219: 515–529, 2003b.

PORRELLO, S., LENZI, M., TOMASSETTI, P., PERSIA, E., FINOIA, M.G., MERCATALI, I., Reduction of aquaculture wastewater eutrophication by phytotreatment ponds system II. Nitrogen and phosphorus content in macroalgae and sediment, Aquaculture 219: 531–544, 2003c.

PORTER, C. B., KROM, M. D., ROBBINS, M. G., BRICKELL, L., DAVIDSON, A., Ammonia excretion and total N budget for gilthead seabream (*Sparus aurata*) and its effect on water quality conditions, Aquaculture 66:287–297, 1987.

QUAGLIA, L. J. C., Estudo da qualidade da água do canal de Taperoá (Valença-BA): implicações na carcinicultura marinha, Tese de Mestrado (Curso de Mestrado em Produção Aquática do Instituto de Biologia da Universidade Federal da Bahia), p.118, 1993.

QUIAN, P. Y., WU, C. Y., WU, M., XIE, Y. K. Integrated cultivation of the red alga *Kappaphycus alvarezii* and the pearl oyster *Pinctada martensi*, Aquaculture 147:21–35, 1996.

RAVEN, P. H., EVERT, R. F., EICHHORN, S. E., Biologia Vegetal, cap. 14- Protistas II: “ Algas vermelhas pardas e verdes”, pg. 248 – 275, editora Guanabara koogan, 5º ed., New York, 1992.

REISE, K., Sewage, green algal mats anchored by lugworms and the effects on Turbellaria and small Polychaeta, Helgolander Meeresunters. 36: 151-162, 1983.

RETAMALES, C. A., MARTINEZ, A., BUSCHMANN, A. H., Long term productivity and agar yield of *Gracilaria chilensis* tank culture in southern Chile. Rev. Biol. Mar., Valparafso 29:251–261, 1994.

ROCHA, I. P., Agronegócio do camarão cultivado: uma nova ordem econômica e social para o litoral nordestino, Revista ABCC, nº1: 23-30, 2000.

ROCHA, I. P.; RODRIGUES, J., A carcinicultura brasileira em 2002, Revista da ABCC, v.5, n.1, p.30-45, 2003.

ROCHA, I. P.; RODRIGUES, J.; AMORIM, L., A carcinicultura em 2003, Boletim informativo da ABCC, 2003.

RUNCIE, J. W., RAYMOND J. R., LARKUM, A. W., Uptake kinetics and assimilation of inorganic nitrogen by *Catenella nipae* and *Ulva lactuca*, Aquatic Botany 76:155–174, 2003.

RYTHER, J. H., CORWIN, N., DEBUSK, T. A., WILLIAMS, L. D. Nitrogen uptake and storage by the red algae *Gracilaria tikvahiae* McLachlan 1979, Aquaculture 26:107–115, 1981.

SAND-JENSEN, K., Photosynthetic responses of *Ulva lactuca* at very low light, Mar. Ecol. Prog. Ser. 50: 195-201, 1988.

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 221:167–181, 2003.

SCHUENHOFF, A., MATA, L., SANTOS, R., The tetrasporophyte of *Asparagopsis armata* as a novel seaweed biofilter, Aquaculture 252: 3–11, 2006.

SHAN, Q. X. & WANG, L. C., Study of the mixed culture of algae and prawn, Mar. Sci., 9(3): 32-35, 1985.

SMITH, G. M., On the reproduction of some Pacific coast species of *Ulva*, Am. J. Bot. 34:80–87, 1947.

STRICKLAND, J. D. H., PARSONS, T. R., A, practical handbook for seawater analysis, Fisheries Research Board, Canada, Ottawa, pp. 310, 1972.

THEODOROU, M. E., ELRIFI, I. R., TURPIN, D. H., PLAXTON, W. C., Effects of phosphorus limitation on respiratory metabolism in the green alga *Selenastrum minutum*, Plant Physiol. 95:1089–95, 1991.

THOM, R.M., ALBRIGHT, R.G., Dynamics of benthic vegetation standing-stock, irradiance and water properties in central Puget Sound, Mar. Biol. 104: 129-141, 1990.

THRUSH, S.F., The sublittoral macrobenthic community structure of an Irish Sealough: Effect of decomposing accumulations of seaweed. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 96: 199-212, 1986.

TOPINKA, J. A., Nitrogen Uptake by *Fucus spiralis* (Phaeophyceae), *Journal of Phycology* 14: 241-247, 1978.

TROELL, M., BERG, H. Cage fish farming in the tropical lake Kariba: impact and biogeochemical changes in sediment, *Aquacult. Res.* 28: 527-544, 1997.

TROELL, M., HALLING, C., NILSSON, A., BUSCHMANN, A.H., KAUTSKY, N., KAUTSKY, L., Integrated marine cultivation of *Gracilaria chilensis* (Gracilariales, Rhodophyta) and salmon cages for reduced environmental impact and increased economic output, *Aquaculture* 156: 45–61, 1997.

TROELL, M., RONNBACK, P., KAUTSKY, N., HALLING, C., BUSCHMANN, A., Ecological engineering in aquaculture: the use of seaweeds for removing nutrients from intensive mariculture, *J. Appl. Phycology*. 11:89 - 97, 1999.

TROELL, M., HALLING, C., NEORI, A., CHOPIN, T., BUSCHMANN, A. H., KAUTSKY, N., YARISH, C., Integrated mariculture: asking the right questions, *Aquaculture* 226, 69–90, 2003.

VANDERMEULEN, H., GORDIN, H., Ammonium uptake using *Ulva* (Chlorophyta) in intensive fishpond systems: mass culture and treatment of effluent, *J. Appl. Phycol.* 2, 363–374, 1990.

VERGARA, J. J., NIELL, F. X., TORRES, M., Culture of *Gelidium sesquipedale* Clem. Born. et Thur. in a chemostat system: biomass production and metabolic responses affected by nitrogen flow, *J. Appl. Phycol.* 5, 405–415, 1993.

VERMAAT, J.E., SAND-JENSEN, K., Survival, metabolism and growth of *Ulva lactuca* under winter conditions: a laboratory study of bottlenecks in the life cycle, *Mar. Biol.* 95: 55-61, 1987.

VIJAYARAGHAVAN, K., JEGAN, J. R., PALANIVELU, K., VELAN, M., Copper removal from aqueous solution by marine green alga *Ulva Reticulata*, *Electronic Journal of Biotechnology*, Vol.7 N°.1: 62-71, 2004.

VINATEA, L., Aqüicultura e desenvolvimento sustentável: Subsídios para formulação de políticas de desenvolvimento de Aqüicultura Brasileira. Ed. UFSC. Florianópolis – Brasil. 350 p., 1998.

WEI, S.Q., Study of mixed culture of *Gracilaria tenuistipitata*, *Penaeus penicillatus* and *Scylla serrata*, *Acta Oceanol. Sinica*, 12(3): 388-394, 1990.

ZAISSO, 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.

ZIEMANN, D. A., WALSH, W. A., SAPHORE, E. G., FULTON-BENNET, K.,. A survey of water quality characteristics of effluent from Hawaiian aquaculture facilities, *J. World Aquacult. Soc.* 23: 180–191, 1992.