



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

**CULTIVO DA MACROALGA MARINHA VERMELHA *Porphyra acanthophora*  
EM MEIO ALTERNATIVO COM ÁGUA DO MAR ARTIFICIAL**

**LUCIANA DE SOUZA QUEIROZ**

---

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

---

**FORTALEZA – CEARÁ - BRASIL  
JULHO/2004**

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

---

- Q45c Queiroz, Luciana de Souza.  
Cultivo da macroalga marinha vermelha *Porphyra acanthophora* em meio alternativo com água do mar artificial / Luciana de Souza Queiroz. – 2004.  
32 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Engenharia de Pesca, Fortaleza, 2004.  
Orientação: Prof. Dr. Wladimir Ronald Lobo Farias.
1. Algas marinhas - Cultura e meios de cultura. I. Título.

CDD 639.2

---

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

**Prof. Wladimir Ronald Lobo Farias, D. Sc.**  
**Orientador/Presidente**

---

**Prof. Alexandre Holanda Sampaio, Ph.D.**  
**Membro**

---

**Prof. Manuel Antônio Andrade Furtado Neto, Ph.D.**  
**Membro**

**VISTO:**

---

**Prof. José Wilson Calíope de Freitas, D. Sc.**  
**Chefe do Departamento de Engenharia de Pesca**

---

**Prof. Artamizia Maria Nogueira Montezuma, M. Sc.**  
**Coordenadora do Curso de Engenharia de Pesca**

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus amigos e amigas, que estiveram ao meu lado durante estes cinco longos anos de formação. Não posso citar todos, mas gostaria de agradecer aos colegas do Programa Especial de Treinamento e do Grupo de Estudos de Algas Marinhas do Ceará e agradecer especialmente à Grazielle e Damares, que contribuíram para a realização deste trabalho; a minhas amigas Keyvila, Leilane, Cristiane, Queilane, Juliana e meus amigos José Ariévilo e Rodrigo pela atenção nos momentos de tristeza e felicidade.

Ao Wladimir Ronald Lobo Farias, meu orientador, que sempre se mostrou atencioso e dedicado a ajudar-me. Aos Professores Alexandre Holanda Sampaio e Silvana Saker Sampaio pela atenção.

A minhas queridas primas Júlia e Lívia pela força.

Ao Ari pelo amor e companheirismo nos momentos mais difíceis e a sua família que me acolheu durante a realização deste trabalho. Vocês foram fundamentais, agradeço pelos incentivos, pelo apoio incessante e pela importância para minha formação profissional e pessoal.

Ao meu pai, meu irmão e, em especial, à minha mãe que sempre foi incentivadora e investidora nessa minha conquista, a quem devo a formação da minha consciência e meu caráter, agradeço de forma sincera pela oportunidade de realização deste sonho.

Essa vitória não seria possível sem os conselhos, apoio, paciência, incentivo e amor de todos/as vocês.



## SUMÁRIO

RESUMO.....	ii
LISTA DE FIGURAS.....	iii
LISTA DE TABELAS.....	iv
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	10
2.1. Preparo da água do mar artificial.....	10
2.2. Preparo dos meios de cultivo.....	11
2.2.1. Meio de cultivo preparado com fertilizantes agrícolas.....	11
2.2.2. Meio de cultivo Guilard F/2 modificado.....	11
2.3. Esterilização.....	13
2.4. Coleta e transporte das algas.....	13
2.5. Cultivo de <i>Porphyra acanthophora</i> .....	14
2.6. Efeito da iluminância no cultivo de <i>Porphyra acanthophora</i> .....	16
2.7. Efeito da aeração no cultivo de <i>Porphyra acanthophora</i> .....	16
2.8. Acompanhamento do cultivo.....	16
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
3.1. Efeito da fonte de água na preparação do meio de cultivo.....	18
3.2. Efeito da aeração.....	19
3.3. Efeito da iluminância.....	20
3.4. Efeito do meio de cultivo no crescimento de <i>Porphyra acanthophora</i> .....	21
4. CONCLUSÕES .....	24
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	25

## RESUMO

As algas marinhas são organismos de fundamental importância para a manutenção da vida, pois são responsáveis pela maior parte da produção de oxigênio do planeta. São utilizadas amplamente nas indústrias alimentícias, de cosméticos, fármacos e com o desenvolvimento da biotecnologia é cada vez maior o interesse da comunidade científica em estudá-las. O gênero *Porphyra* representa um dos produtos de maior importância na maricultura do oriente, pois além de seus benefícios medicinais, ele é vastamente utilizado na culinária. No presente trabalho, estudou-se a possibilidade de cultivar a alga marinha vermelha *Porphyra acanthophora* em um meio de cultivo alternativo (baixo custo), bem como determinar parâmetros físico-químicos ótimos para o desenvolvimento desta alga em laboratório. Os exemplares de *Porphyra acanthophora* foram coletados na Praia de Sabiaguaba, Ceará. Os meios de cultivo foram preparados através do enriquecimento da água do mar artificial com fertilizantes agrícolas (meio I) e com meio Guilard F/2 modificado (meio II). Antes do início do cultivo, as vidrarias e os meios de cultivo foram esterilizados com radiação UV. O acompanhamento dos experimentos foi realizado através de pesagens semanais e verificações da intensidade luminosa, pH e salinidade. A taxa de crescimento relativo obtida com o meio I ( $20,61\%d^{-1}$ ) foi maior do que a taxa de crescimento obtida para o meio II ( $12,13\%d^{-1}$ ), no entanto as algas esporularam (fase de conchocelis). Um melhor crescimento também foi obtido quando a alga foi cultivada com elevada iluminância ( $29,7 \mu mol m^{-2} s^{-1}$ ) e com aeração constante. De acordo com os resultados, é possível concluir que a macroalga *Porphyra acanthophora* pode ser cultivada em meio de cultivo alternativo utilizando fertilizantes agrícolas.

**LISTA DE FIGURAS**

FIGURA 1 - <i>Porphyra</i> sp.....	2
FIGURA 2 - Ciclo de Vida do Gênero <i>Porphyra tenera</i> .....	3
FIGURA 3 - Fase Conchocelis.....	4
FIGURA 4 - <i>Pophyra</i> sendo utilizada como envoltório comestível para <i>sushi</i> (arroz e pescado cru).....	5
FIGURA 5 - Praia de Sabiaguaba, Ceará.....	13
FIGURA 6 - Cultivo da alga marinha <i>Porphyra acanthophora</i> .....	14
FIGURA 7 - Frascos preparados para o cultivo.....	15
FIGURA 8 - Estante de cultivo.....	15
FIGURA 9 - Sombreamento dos frascos de cultivo.....	16
FIGURA 10 - Desenvolvimento de <i>Porphyra acanthophora</i> submetida ao cultivo no meio I preparado com água destilada.....	18
FIGURA 11 - Desenvolvimento da alga marinha <i>Porphyra acanthophora</i> com ausência da aeração na fase de escuro.....	19
FIGURA 12 - Cultivo de <i>Porphyra acanthophora</i> sem sombreamento dos frascos.....	20
FIGURA 13 - Cultivo de <i>Porphyra acanthophora</i> com aeração normalizada e sombreamento.....	21
FIGURA 14 - Cultivo de <i>Porphyra acanthophora</i> no meio de cultivo I com fertilizantes agrícolas.....	22
FIGURA 15 - Cultivo de <i>Porphyra acanthophora</i> no meio II (Meio Guillard F/2 modificado).....	22
FIGURA 16 - Comparação entre as taxas de crescimento obtidas com o meio de cultivo I e II.....	23

**LISTA DE TABELAS**

TABELA 1 - Usos e valores globais de produtos derivados de algas.....	2
TABELA 2 - Reagentes químicos utilizados no preparo da água do mar artificial.....	10
TABELA 3 - Nutrientes utilizados no meio de cultivo I (fertilizantes agrícolas).....	10
TABELA 4 - Preparo do meio de cultivo II (Guillard F/2 modificado).....	12
TABELA 5 - Composição da solução de metais traço.....	12

## CULTIVO DA MACROALGA MARINHA *Porphyra acanthophora* EM MEIO ALTERNATIVO COM ÁGUA DO MAR ARTIFICIAL

LUCIANA DE SOUZA QUEIROZ

### 1. INTRODUÇÃO

As algas surgiram na Terra há 3,5 bilhões de anos. Estas primeiras células não possuíam núcleo bem definido e outros compartimentos celulares complexos. Estes organismos fazem parte de um grupo diverso de organismos fotossintéticos e autotróficos, no qual existem grupos que são constituídos por células microscópicas e grupos com estruturas celulares complexas (multicelulares) (SZE, 1998).

As macroalgas são divididas em quatro filos: Cyanophyta (algas azuis), Rhodophyta (algas vermelhas), Chlorophyta (algas verdes) e Phaeophyta (algas pardas). São organismos de grande importância ecológica, pois constituem um elo importante na cadeia alimentar dos animais aquáticos e também são responsáveis pela maior parte da produção de oxigênio do planeta.

Comercialmente, as algas são empregadas no mundo inteiro como recurso comestível para homens ou animais, dentre outras, sendo também utilizadas para a produção de ficocolóides (Tabela 1). Os ficocolóides são polissacarídeos hidrossolúveis, naturalmente encontrados em grandes quantidades em algas pardas e vermelhas. São substâncias que, ao serem isoladas, podem ser úteis em diversos ramos da indústria moderna. Os ficocolóides (ágar, carragenana e alginato) são utilizados em produtos derivados do leite, xampus, cosméticos, pastas de dente, gelatina e muitos outros. Em regiões tropicais, o grupo mais importante é o das vermelhas, com três gêneros (*Euclima*, *Hypnea* e *Gracilaria*) respondendo por mais de 90% da produção (OLIVEIRA, 1997).



Tabela 1- Usos e valores globais de produtos derivados de algas.

Produtos	Usos	Valores US\$
Nori ( <i>Porphyra</i> )	Alimentação humana	1.800.000.000
Wakame ( <i>Undaria</i> )	Alimentação humana	600.000.000
Kombu ( <i>Laminaria</i> )	Alimentação humana	80.000.000
Alginatos (algas pardas)	Indústrias alimentícia e farmacêutica, papéis etc.	230.000.000
Carragenanas (algas vermelhas)	Indústrias alimentícia e farmacêutica, cosméticos.	100.000.000
Ágar-Ágar (algas vermelhas)	Indústrias alimentícia e farmacêutica.	160.000.000
Agarose (algas vermelhas)	Biotechnology.	>50.000.000
Farinha de algas (vários grupos)	Rações.	5.000.000
Calcário, adubos (alga vermelhas)	Agricultura.	5.000.000
Ficobilinas (algas vermelhas)	Medicina.	2.000.000

Fonte: OLIVEIRA (1997).

As algas marinhas mais utilizadas como alimento humano pertencem aos gêneros *Porphyra*, cujo nome vulgar no Japão é nori (Figura 1), *Laminaria*, também conhecida como kombu e *Undaria*, conhecida vulgarmente como wakame (MCHUGH, 2002).



Figura 1 – *Porphyra* sp. (CULTIVO, 1994).

O gênero *Porphyra* pertence ao reino Protista, divisão Rhodophyta, classe Rhodophyceae, subclasse Bangiophycidae, ordem Bangiales e família Bangiaceae (CHEN, 1999). Tem como característica marcante um talo foliáceo amplo, formado por uma só camada de células, crescendo sobre rochas, fixo por numerosas células próximas da base e que emitem rizóides. Seu crescimento se dá por repetidas divisões intercalares (JOLY, 1965). Cada célula contém um só cromatóforo estrelado. O ciclo de vida (Figura 2) é complexo e só foi descoberto em 1949 pela ficóloga britânica Kathleen Drew-Baker da Universidade de Manchester. Esta descoberta foi revolucionária e expandiu a indústria de nori, primeiro no Japão e mais tarde na China e República da Coreia (CULTIVO, 1994).

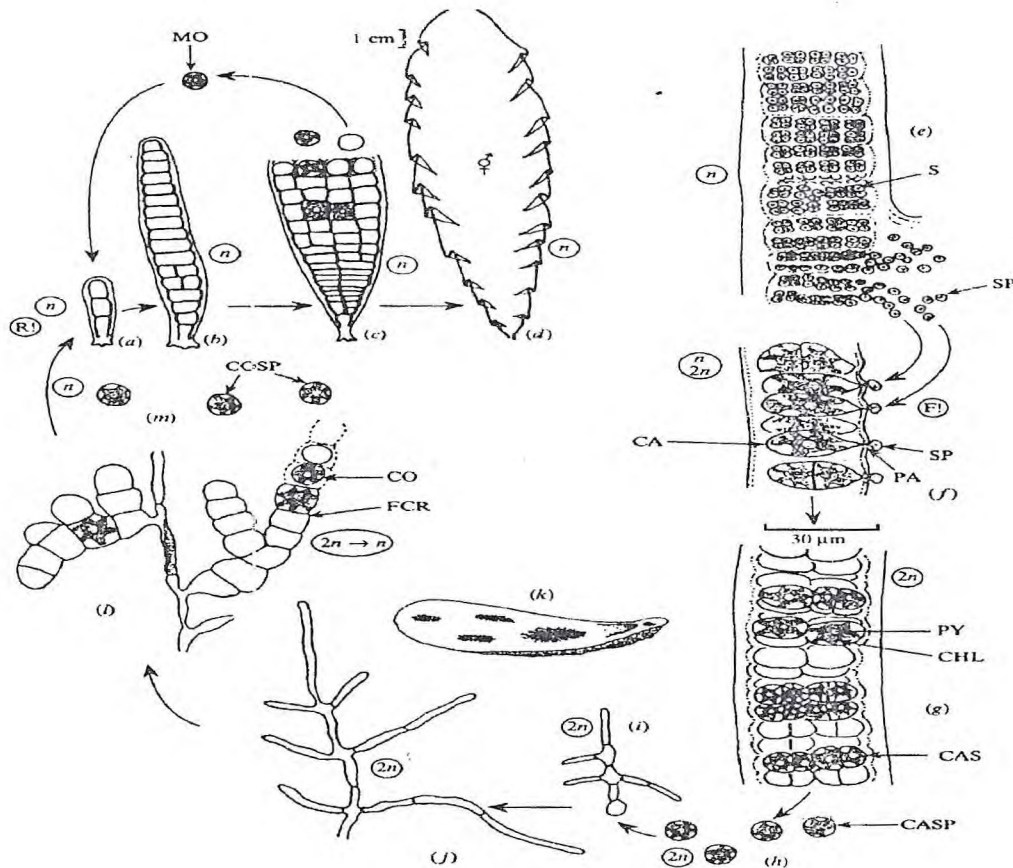
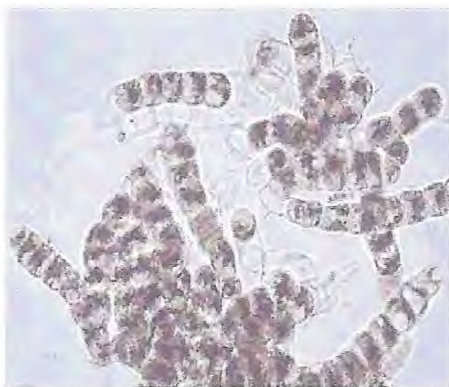


Figura 2 – Ciclo de Vida de *Porphyra tenera*. **(a-c)** estágios de desenvolvimento do talo (lamina) da planta jovem, incluindo a produção de monósporos (em c), que cresce também em uma nova planta; observe os cloroplastos estrelados com um pirenóide centrais. **(d)** planta adulta bissexual. **(e)** seção transversal da porção



masculina do talo: as células-mãe do espermatângio se dividiram em órgãos especializados, os espermatângios e na parte inferior, detalhe da liberação dos espermácios. **(f)** seção transversal da porção feminina do talo: o carpogônio sendo fertilizado pelo espermácio, enquanto que 2 carpogônios fertilizados (acima e abaixo) se dividiram em duas células, dando o início a uma série de divisões para a formação dos carpósporos diplóides. **(g)** formação dos carpósporos de um carpogônio fertilizado. **(h)** carpósporos. **(i,j)** Fase *Conchocelis*. **(k)** Fase *Conchocelis* crescendo numa concha de ostra. **(l)** Fase *Conchocelis* com fila de células férteis produzindo conchósporos, que é produzido por um conchosporângio. **(m)** Conchósporos. **CA** = carpogônio; **CAS** = carposporângio; **CASP** = carpósporos; **CHL** = cloroplasto; **CO** = conchosporângio; **COSP** = conchósporo; **F!** = fertilização; **FCR** = fila de células férteis; **MO** = monósporo; **PA** = papila do carpogônio; **PY** = pirenóide; **RI** = divisão redutiva (meioses) durante a germinação dos conchósporos; **S** = espermatângio; **SP** = espermácio; **n** = haplóide; **2n**=diplóide.

Sua reprodução é sexuada pela formação de carpogônios e espermácios no mesmo talo ou em plantas separadas, conforme a espécie. Os carpogônios e espermácios são produzidos na margem ou em suas proximidades. Quando o zigoto germina, gera um número definido de carpósporos por repetidas divisões. Após a germinação dos carpósporos, é produzido um talo filamentoso que, em certas espécies, habita o interior de conchas mortas de moluscos (fase conchocelis) (Figura 3). Este talo reproduz-se formando monósporos designados como conchósporos, que ao se libertarem reproduzem a fase foliácea. Há uma nítida alternância estacional entre a fase filamentosa e a foliácea (JOLY, 1965).



A. Filamentos de conchocelis



B. Germinação de carpósporos

Figura 3 – Fase conchocelis. (ALGAS , 1999).



Os pigmentos presentes nesta alga são a clorofila *a* e as ficobilinas (ficoeritrina e ficocianina). A clorofila *a* é usada para realização da fotossíntese, a ficoeritrina contribui com a cor vermelha, mascarando a cor verde da clorofila *a* e a ficocianina reflete geralmente uma cor azulada. O gênero *Porphyra* possui uma parede celular externamente revestida por mucilagem e, internamente, é composta por um compartimento rígido feito de microfibrilas. A capacidade notável de sobrevivência à dessecação é resultado da constituição da parede celular deste gênero. Além de conter quantidades significativas de proteínas, possui vitaminas e minerais. Esta alga contém também uma quantidade elevada de arginina, um aminoácido básico que é encontrado geralmente na proteína animal. Seu gosto característico é um resultado da coexistência de quantidades relativamente grandes de alanina, de ácido glutâmico e de glicina (CHEN, 1999).

Esta alga sempre foi um ingrediente principal na dieta da maioria dos países asiáticos, tais como China e Japão. Ela é comercializada geralmente como uma folha retangular que mede 19 x 21 cm. Depois da coletada, a alga é lavada em água doce para retirar os sedimentos, cortada em pequenos pedaços e espalhada em armações para secar. Frequentemente é torrada e usada como tempero na arte culinária, sendo também utilizada como envoltório comestível para *sushi* (arroz e pescado cru) (Figura 4) (CULTIVO,1994).



Figura 4 – *Porphyra* sendo utilizada como envoltório comestível para *sushi* (arroz e pescado cru). (CHEN, 1999).

O gênero *Porphyra* possui também alguns benefícios medicinais. Esta alga contém um polissacarídeo sulfatado chamado "porphyran", cuja atividade biológica em animais não está clara até o momento, entretanto, têm indicado alguns excelentes benefícios à saúde, podendo inibir o crescimento de determinados tumores. Um câncer induzido em ratos teve seu desenvolvimento inibido quando os animais foram alimentados com uma dieta contendo 2% de pó de nori. Uma outra substância chamada "porphyosina" também foi isolada de *Porphyra*. Esta substância apresentou uma atividade anti-ulcerativa em um modelo de úlcera dependente do suco gástrico (CHEN, 1999). Recentemente, o "porphyran", extraído da alga *Porphyra haitanensis* apresentou uma potente atividade antioxidante *in vivo* em camundongos (ZHANG et al., 2004).

As macroalgas do gênero *Porphyra* são produtos de maior importância na maricultura do Oriente. O cultivo industrial tradicional do nori se realiza no Japão, Coreia e China e, atualmente, está sendo desenvolvido no Canadá. A produção anual de nori no Japão supera bilhões de dólares americanos, sendo o produto marinho mais valioso do país e apontado nas estatísticas japonesas sobre pesca como a terceira captura em ordem de importância (MCHUGH, 2002).

O cultivo deste gênero originou-se a mais de 300 anos no Japão quando foi utilizado um método primitivo com feixes de hastes de bambu para coletar os esporos na natureza. Entretanto, a obtenção dos esporos ainda estava sujeita às condições ambientais e a produção anual flutuava grandemente. Na China, o cultivo data de aproximadamente 200 anos, sendo as algas coletadas antes do outono. Isto era feito rapidamente antes da liberação dos esporos de modo que fossem transferidas para um local onde os esporos fossem liberados e a alga pudesse se adaptar e crescer. O cultivo moderno do gênero *Porphyra* só ocorreu após 1960, em consequência da elucidação de seu ciclo de vida e a descoberta da fase de conchocelis. Este fato permitiu que os cientistas maximizassem a produção sob condições controladas, conduzindo a uma das maiores indústrias no Japão e na China. Nestes países, há sete espécies principais usadas no cultivo comercial: *Porphyra yezoensis*, *P. tenera*, *P. haitanensis*, *P. pseudolinearis*, *P. kunideai*, *P. arasaki* e *P. seriat* (CHEN, 1999).

A produção de algas cultivadas tem crescido bastante na última década alcançando 10 milhões de toneladas em 2000 e chegando a representar 88% da oferta total de algas. A China, maior produtor, exporta alga como alimento principalmente para a República da Coreia e Japão (23.500 toneladas em 2000). A República da Coreia, por sua vez, exporta *Porphyra* e *Undaria* para o Japão (21.000 t). O mercado europeu importa 58.000 t de algas, em especial, das Filipinas, Chile e Indonésia (FAO, 2002).

Na América Latina, o país com melhor aproveitamento das algas é o Chile, que exporta cerca de 80 milhões de dólares por ano. O Brasil importa aproximadamente 13 milhões de dólares anuais. Produzir em nosso país seria a melhor alternativa para reduzir esta pauta de importações e criar novas opções de atividades na zona costeira (OLIVEIRA, 1997).

No Brasil, a alga *Gracilaria birdiae* tem sido cultivada em pequena escala em ambiente natural tanto nas praias de Flecheiras quanto em Guajiru no litoral cearense. Desde o início do cultivo em 2001 até os dias de hoje foi obtida uma valorização de 285% do produto cultivado em relação ao produto oriundo do extrativismo. Até maio/2003, a produção obtida através do cultivo foi cerca de 5.000 kg de algas úmidas. É nítida a importância deste projeto no desenvolvimento das comunidades locais, em termos de geração de renda, emprego de mão-de-obra, aumento da produção de alimentos de qualidade e defesa do meio ambiente. Uma pessoa, com ajuda da família, pode trabalhar obtendo aproximadamente R\$ 324,00/mês. Atualmente o projeto abrange um grupo de 22 famílias residentes em Flecheiras e Guajiru (TCP/BRA/0065, 2004).

Já existem algumas pequenas indústrias de exploração de algas no Nordeste brasileiro, entre o Ceará e a Paraíba, sendo basicamente indústrias de cosméticos. Também existe uma exploração de médio porte de bancos naturais de algas, que servem para a fabricação do ágar, uma gelatina de inúmeros usos na culinária e como base de cultura biológica. Cerca de 60 toneladas de ágar são comercializadas anualmente a um preço que chega a R\$ 20,00 o quilo (OLIVEIRA, 1997).



Os cultivos de algas em laboratório diferem dos cultivos comerciais em sua escala como também em seus objetivos. Enquanto os cultivos em tanques chegam a uma produção maciça de biomassa para comercialização, os cultivos em laboratório buscam o estudo do comportamento da espécie selecionada, possibilitando a experimentação sob condições conhecidas e controladas. No laboratório, pode-se determinar os limites de tolerância para cada fator, tais como, salinidade, temperatura, fotoperíodo, etc. Se pode também determinar os valores ótimos de cada fator ou de grupos de dois ou três fatores para obter, por exemplo, respostas de crescimento máximo ou aumento da atividade reprodutiva. Portanto, é preciso comparar o comportamento de espécies diferentes em condições controladas (OLIVEIRA et al., 1995).

A escolha do meio de cultivo adequado e a experimentação em busca de condições ambientais ótimas para o crescimento e manutenção das algas permitirá estabelecer sistemas de cultivo com alta probabilidade de êxito. A luz é sem dúvida o fator abiótico mais importante que afeta as algas, e que proporciona a energia necessária para a realização da fotossíntese implicando assim na reprodução e no desenvolvimento. A taxa de crescimento das algas está diretamente ligada com a intensidade luminosa já que a energia requerida por este processo é obtida a partir da fotossíntese. Para realização de experimentos é de vital importância conhecer os níveis de iluminação ótima para o crescimento da espécie a cultivar, bem como determinar valores adequadas de temperatura e salinidade (WELINGER, ALVEAL, 1994).

Entretanto, é bom lembrar que uma das limitações dos resultados obtidos em laboratório é que, por ser em pequena escala, nem sempre podem ser extrapolados a situações de campo, todavia seguem sendo úteis já que permitem interpretar o comportamento da espécie estudada, facilitando a seleção de técnicas de manejo e cultivo comercial. Experimentos em laboratório, relativamente rápidos e de baixos custos, podem prover dados valiosos para uma análise preliminar da viabilidade de um cultivo comercial em certo lugar, ou indicar procedimentos que permitam aumentar a produção de uma alga explorada nos

bancos naturais por intermédio de técnicas de manejo ou melhorar a produtividade de um cultivo (OLIVEIRA et al., 1995).

Neste trabalho a espécie *Porphyra acanthophora* foi cultivada em condições controladas com o objetivo de obter um meio de cultivo alternativo (baixo custo) para esta macroalga marinha, bem como a determinação dos parâmetros físico-químicos ótimos para o desenvolvimento desta alga em laboratório.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Os cultivos foram realizados no período de 01 de outubro de 2001 a 08 de janeiro de 2003.

### 2.1. Preparo da água do mar artificial

O preparo da água do mar artificial foi realizado com água obtida diretamente da torneira ou com água destilada, sendo aerado por, pelo menos, 72 horas para total eliminação do cloro contido.

Os reagentes químicos utilizados para o preparo da água do mar artificial foram, na maioria, de origem comercial com exceção do cloreto de magnésio e brometo de potássio (Tabela 2). Os mesmos foram previamente pesados e após o período de aeração da água, foram adicionados.

Tabela 2 - Reagentes químicos utilizados no preparo da água do mar artificial.

Reagentes Químicos	Peso (g/L)
Cloreto de sódio	27,6
Sulfato de magnésio	6,9
Cloreto de cálcio	1,4
Cloreto de magnésio	5,4
Cloreto de potássio	0,6
Brometo de potássio	0,027
Bicarbonato de sódio	0,2

## 2.2. Preparo dos meios de cultivo

Os meios de cultivo foram preparados através do enriquecimento da água do mar artificial com fertilizantes agrícolas (Meio I) e com o meio Guilard F/2 modificado (Meio II).

### 2.2.1. Meio de cultivo preparado com fertilizantes agrícolas

O meio de cultivo I foi preparado através do enriquecimento da água do mar artificial com adição de nutrientes (Tabela 3), previamente pesados e macerados. Este procedimento foi realizado muito lentamente para que todos os nutrientes fossem completamente dissolvidos. Depois de finalizado o preparo do meio de cultivo, o mesmo foi aerado por mais 24 horas para estabilização do pH, sendo em seguida, decantado e filtrado.

Tabela 3 - Nutrientes utilizados no meio de cultivo I (fertilizantes agrícolas).

Nutrientes	Peso (g/L)
Nitrato de sódio	0,06
Nitrato de amônio	0,03
Superfosfato triplo	0,01

### 2.2.2. Meio de cultivo Guilard F/2 modificado

O meio de cultivo II, meio Guilard F/2, foi preparado (Tabela 4) através da adição dos compostos, da solução de metais traços (Tabela 5) e solução de vitaminas (Citoneurim 5000 diluída em 50 mL de água destilada) a 950 mL de água do mar artificial.



Tabela 4 – Preparo do meio de cultivo II (Guillard F/2 modificado)

Quantidade	Composto	Solução estoque	Conc. Molar no meio final
1 mL	NaNO <sub>3</sub>	75 g/L dH <sub>2</sub> O	8,83 x 10 <sup>-4</sup> M
1 mL	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O	5 g/L dH <sub>2</sub> O	3,63 x 10 <sup>-5</sup> M
1 mL	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> ·9H <sub>2</sub> O	30 g/L dH <sub>2</sub> O	1,07 x 10 <sup>-4</sup> M
1 mL	F/2 sol. metais traço	—	—
0,5 mL	F/2 sol. de vitaminas	—	—

Tabela 5 – Composição da solução de metais traço.

Quantidade	Composto	Solução estoque	Conc. Molar no meio final
3,15 g	FeCl <sub>3</sub> ·6H <sub>2</sub> O	—	1 x 10 <sup>-5</sup> M
4,36 g	Na <sub>2</sub> EDTA·2H <sub>2</sub> O	—	1 x 10 <sup>-5</sup> M
1 mL	CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	9,8 g/L d H <sub>2</sub> O	4 x 10 <sup>-8</sup> M
1 mL	Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	6,3 g/L dH <sub>2</sub> O	3 x 10 <sup>-8</sup> M
1 mL	ZnSO <sub>2</sub> ·7H <sub>2</sub> O	22,0 g/L dH <sub>2</sub> O	8 x 10 <sup>-8</sup> M
1 mL	CoCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	10,0 g/L dH <sub>2</sub> O	5 x 10 <sup>-8</sup> M
1 mL	MnCl <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	180,0 g/L dH <sub>2</sub> O	9 x 10 <sup>-7</sup> M

Após a preparação do meio de cultivo, o volume final de 950 mL foi elevado a 1.000 mL com água do mar artificial.



### **2.3. Esterilização**

A limpeza dos frascos de cultivos é fundamental para o bom desenvolvimento dos cultivos. Todo o material de vidro foi limpo com detergente diluído e lavado com água corrente abundantemente. A última lavagem foi feita com água destilada. Em seguida, o meio, as vidrarias e as canalizações de aeração foram esterilizados através do uso de radiação ultravioleta por vinte minutos. Durante este período, as pequenas pedras de aeração e pinças foram esterilizados por fervura em um esterilizador por vinte minutos a 100°C.

### **2.4. Coleta e transporte das algas**

As algas foram coletadas na praia de Sabiaguaba (Figura 5) distante, aproximadamente, 20 Km do centro de Fortaleza. Esta praia se caracteriza pela presença de costões rochosos nos quais, as algas se fixam. A coleta foi realizada cuidadosamente, selecionando-se espécimes completos com bom aspecto, textura, coloração característica da espécie e com pequeno tamanho. Em seguida, as algas foram acondicionadas em caixa de isopor contendo água do mar natural e transportadas imediatamente para o laboratório protegidas de temperaturas e intensidades luminosas elevadas.



Figura 5 - Praia de Sabiaguaba, Ceará.

No local da coleta foram verificados pH, salinidade e a temperatura da água com medidor de pH portátil, um refratômetro e um termômetro comum, respectivamente, para serem utilizados como referência durante os cultivos.

## 2.5. Cultivo de *Porphyra acanthophora*

O cultivo foi realizado a partir do isolamento de frondes jovens existentes nos espécimes coletados. Após o isolamento e antes de serem submetidas ao cultivo, já no laboratório, as frondes foram examinadas e lavadas, uma a uma, com cerca de 600 mL do meio de cultivo (previamente esterilizado) com o objetivo de eliminação de sedimentos, epífitas ou outros organismos reduzindo assim a possibilidade de contaminação do cultivo. Em seguida, as frondes selecionadas foram transferidas para um frasco de cultivo (erlenmeyer de um litro) (Figura 6), contendo 600mL do meio de cultivo e, na boca do erlenmeyer, foi colocado um chumaço de algodão envolto em gaze, reduzindo assim a possibilidade de contaminação pelo meio externo e facilitando as trocas gasosas. Inicialmente foram utilizados três frascos de cultivo (Figura 7), mas em virtude da má captação de luz pelos vidros das extremidades, os cultivos seguintes foram realizados com apenas um frasco.



Figura 6 – Cultivo da alga marinha *Porphyra acanthophora*.



Figura 7 – Frascos preparados para o cultivo.

O experimento foi montado em uma sala de cultivo com temperatura média de  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  regulada por um condicionador de ar. O frasco de cultivo recebeu aeração individual e iluminação artificial sendo disposto em uma estante de cultivo (Figura 8). A iluminação foi fornecida por luz fluorescente branca, com fotoperíodo de 16 horas de claro e 8 horas de escuro. A iluminância foi medida com o auxílio de um luxímetro digital.



Figura 8 – Estante de cultivo.



## 2.6. Efeito da iluminação no cultivo de *Porphyra acanthophora*

O efeito da iluminância no cultivo foi avaliado variando-se a intensidade de luz alterando o número de camadas papel celofane azul ao redor do erlenmeyer (sombreamento) (Figura 9). Foram realizados cultivos sem sombreamento e com sombreamento (apenas uma camada de papel celofane).



Figura 9 – Sombreamento dos frascos de cultivo.

## 2.7. Efeito da aeração no cultivo de *Porphyra acanthophora*

Para avaliar o efeito da aeração no cultivo, foram realizados experimentos com a alga cultivada com aeração permanente e sem aeração na fase de escuro (oito horas) do fotoperíodo.

## 2.8. Acompanhamento do cultivo

O acompanhamento do cultivo foi realizado semanalmente através de pesagens em uma balança semi-analítica. Após serem colocadas em uma peneira por alguns segundos, as algas foram pesadas quatro vezes seguidas, tirando-se

as médias e os desvios padrões das mesmas. Depois da pesagem a alga foi exposta ao sol para simular o ambiente natural.

A determinação da taxa de crescimento relativo (TCR, % d<sup>-1</sup>) foi realizada, a partir da fórmula:  $TCR = 100 (\ln W2 - \ln W1) / T2 - T1$ , onde: W2 e W1 são os pesos final e inicial nos dias T2 e T1, respectivamente (GLENN *et al*, 1998).

Os valores dos pesos médios semanais foram utilizados para traçar as curvas de crescimento em peso das algas cultivadas. Após as pesagens, foi realizada a esterilização e renovação do meio de cultivo. Neste momento, uma amostra da água foi separada para determinação da salinidade e do pH.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a preparação do meio de cultivo, o pH estabilizou em 8,2 e a salinidade em 35 ups. Durante os cultivos o pH variou de 8,2 a 8,9 e a salinidade de 35 a 38 ups. A temperatura da sala foi mantida em  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ .

#### 3.1. Efeito da fonte de água na preparação do meio de cultivo

Quando submetida ao cultivo preparado com água destilada no lugar de água obtida diretamente da torneira, a alga não obteve taxas de crescimento significativas. Pôde ser observado que nas primeiras semanas do cultivo a alga passou por um período de adaptação onde alcançou uma taxa de crescimento de  $5,10\% \text{ d}^{-1}$  (Figura 10), mas perdeu sua pigmentação durante a quarta semana, debilitando-se e perdendo biomassa. Provavelmente, o motivo seja porque a água destilada não possui microelementos presentes na água obtida da torneira, os quais podem ser limitantes para o crescimento da alga. Além disso, o cultivo foi contaminado, sendo observada a proliferação de microalgas filamentosas.

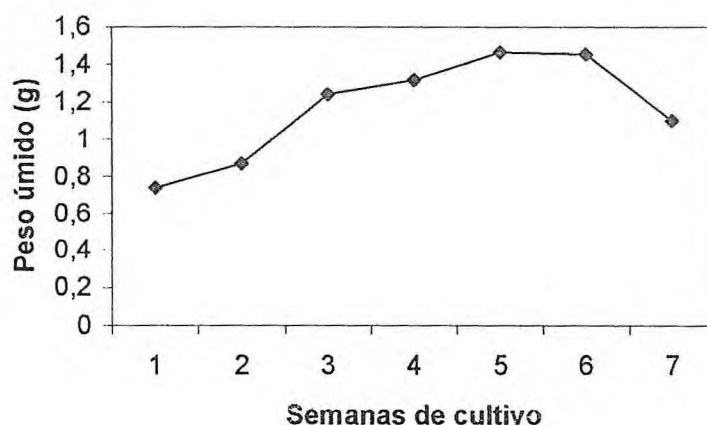


Figura 10 – Desenvolvimento de *Porphyra acanthophora* submetida ao cultivo no meio I preparado com água destilada.

### 3.2. Efeito da aeração

Quando foi suprimida a aeração na fase de escuro do cultivo, duas das espécies cultivadas no laboratório, *Porphyra acanthophora* e *Gracilaria caudata* não cresceram normalmente. No caso de *P. acanthophora*, a alga perdeu sua coloração e também foi observada a proliferação de microalgas filamentosas (Figura 11).

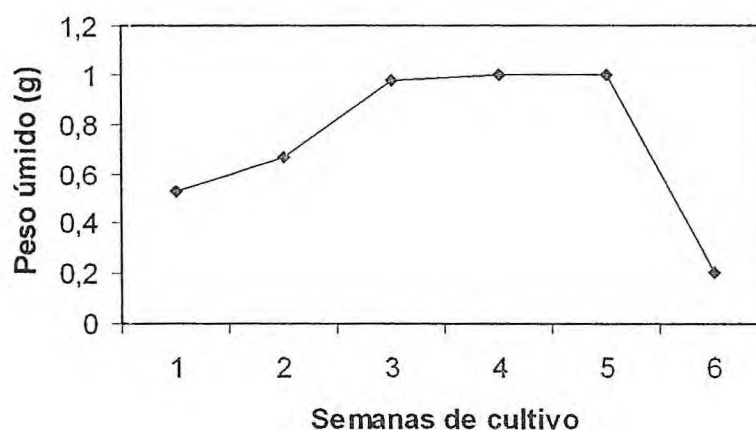


Figura 11 – Desenvolvimento da alga marinha *Porphyra acanthophora* com ausência da aeração na fase de escuro.

Em cultivos realizados no laboratório pelo grupo de Estudos de Algas Marinhas, GEAMAR (dados não publicados) com as espécies *Ulva lactuca*, *Solieria filiformis* e *Gracilaria cylindrica*, estas algas continuaram a crescer, mesmo sem aeração na fase de escuro. Desta forma, as espécies *Gracilaria caudata* e *Porphyra acanthophora* são mais dependentes do oxigênio na fase de escuro do cultivo. Algumas algas apresentam taxas de respiração bem reduzidas em condições de hipóxia ou anóxia, como por exemplo, as espécies *Cladophora vagabunda* e *Gracilaria tikvahiae* (PECKOL, RIVERS, 1995). Possivelmente, as

espécies *P. acanthophora* e *G. caudata* tiveram suas taxas de respiração reduzidas a valores críticos, causando a morte das mesmas durante o cultivo.

A contaminação sempre foi observada quando as algas começavam a perder sua coloração natural, ou seja, as algas paravam de crescer possibilitando a proliferação de microalgas oportunistas.

### 3.3. Efeito da iluminância

Nos primeiros experimentos realizados, a alga foi sombreada, mas não atingiu crescimento satisfatório. Quando submetida ao cultivo sem sombreamento (intensidade luminosa de  $29,7 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), a alga se desenvolveu com elevadas taxas de crescimento, porém houve o início dos problemas de contaminação (Figura 12). No experimento em que foi usado sombreamento (intensidade luminosa de  $24,3 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) com apenas uma camada de papel celofane e aeração normalizada não houve contaminação, a alga não perdeu sua coloração e obteve uma taxa de crescimento de  $16,55\% \text{d}^{-1}$  (Figura 13).

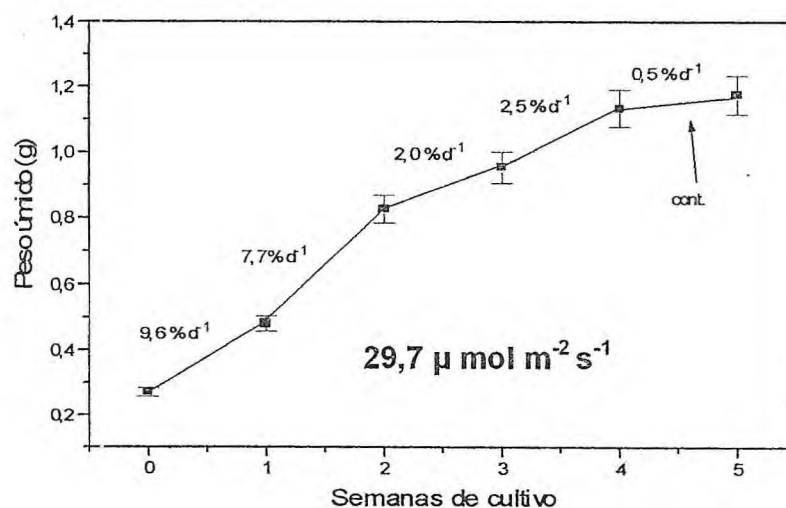


Figura 12 – Cultivo de *Porphyra acanthophora* sem sombreamento dos frascos.



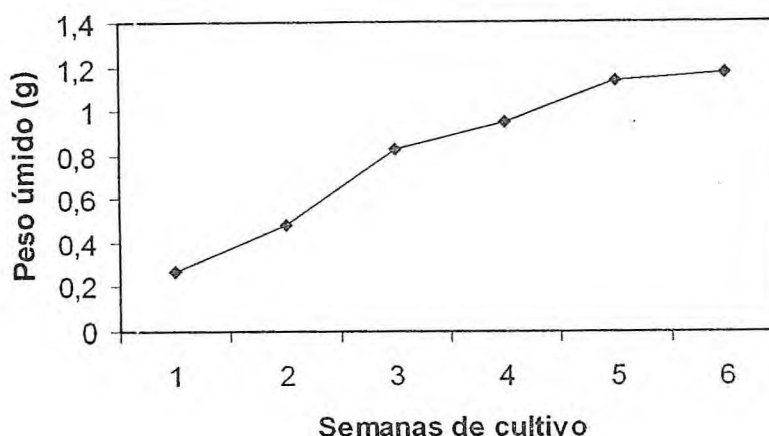


Figura 13 – Cultivo de *Porphyra acanthophora* com aeração normalizada e Sombreamento.

A intensidade luminosa influencia a composição, metabolismo e crescimento das algas vermelhas (TALARICO, MARANZANA, 2000). Condições de iluminação extremas são capazes de interferir na fotossíntese e provocar baixas na produtividade assim como descoloração e debilitação das plantas, podem dar origem a outros problemas como em alguns casos, o crescimento de algas oportunistas, as quais competem por nutrientes e luz diminuindo ou inibindo o crescimento da alga cultivada. A diminuição dos níveis de iluminação mediante sombreamento pode reduzir a proliferação destas comunidades inclusive eliminá-las quase totalmente (WELINGER, ALVEAL, 1994).

#### 3.4. Efeito do meio de cultivo no crescimento de *P. acanthophora*

O desenvolvimento da alga marinha *Porphyra acanthophora* no meio de cultivo I (fertilizantes agrícolas) foi bastante satisfatório, chegando a apresentar uma taxa de crescimento máxima de  $20,61\%d^{-1}$  (Figura 14).

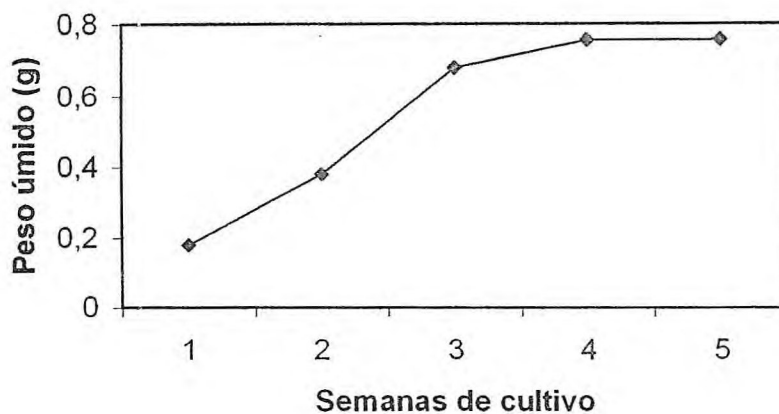


Figura 14 – Cultivo de *Porphyra acanthophora* no meio de cultivo I com fertilizantes agrícolas.

A taxa de crescimento de  $12,13\%d^{-1}$  (Figura 15), obtida quando a alga foi cultivada com o meio de cultivo II (Meio Guillard F/2), foi menor do que quando cultivada com o meio de cultivo I (Figura 16).

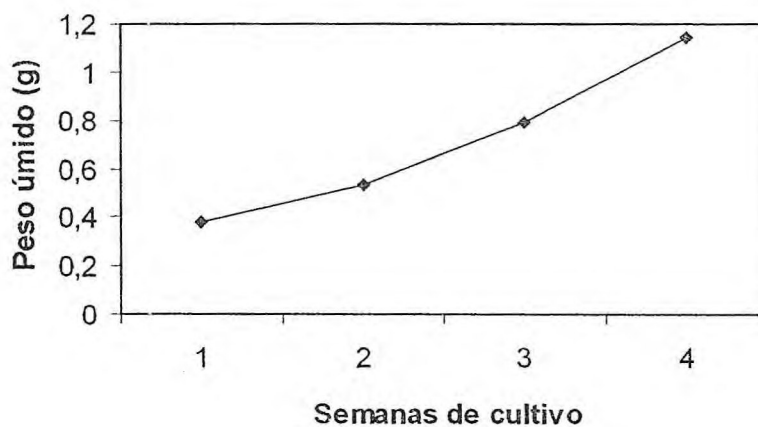


Figura 15 – Cultivo de *Porphyra acanthophora* no meio II (Meio Guillard F/2 modificado).

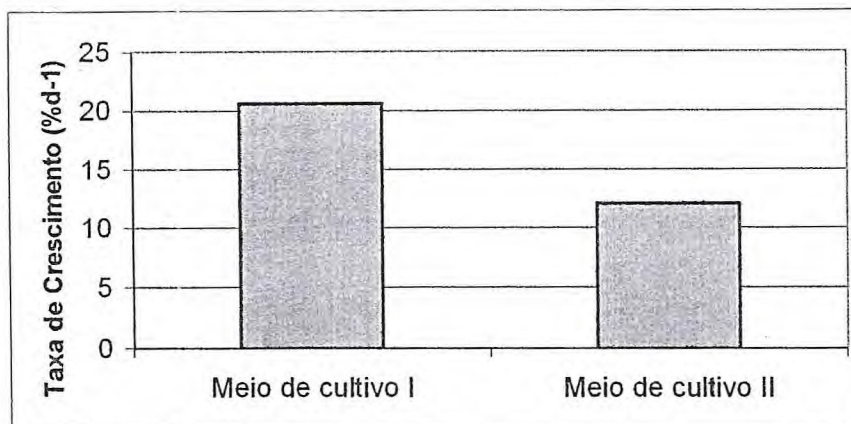


Figura 16 – Comparação entre as taxas de crescimento obtidas com o meio de cultivo I e II.

Embora tenha se desenvolvido satisfatoriamente com altas taxas de crescimento no meio I, a alga esporulou sucessivas vezes, ou seja, houve produção de monósporos nas margens da fronde causada pela direta transformação das células vegetativas marginais que abandonam a fronde (JOLY, 1965). Esses monósporos originaram a fase filamentosa que continuou a se desenvolver dentro do frasco de cultivo, enquanto que a fase foliácea degenerou.

A quantidade e qualidade dos nutrientes são muito importantes para o crescimento das algas. No meio ambiente, por exemplo, o crescimento da espécie *Ulva rigida* é sazonal, estando relacionada com a disponibilidade de nutrientes. Esta alga absorve os nutrientes e também os armazena em reservas celulares para um uso posterior em épocas de escassez (NALDI, VIAROLI, 2002). Por outro lado, níveis muito altos de nutrientes, principalmente de amônia, diminuíram o crescimento e a captação de nutrientes pelas algas *Cladophora vagabunda* e *Gracilaria tikvahiae* (PECKOL, RIVERS, 1995).

Possivelmente a esporulação ocorra como um mecanismo de defesa da própria alga a alguma situação limitante no meio de cultivo I, pois não foi observado esse fato quando a alga foi cultivada no meio de cultivo II. No entanto, é importante ressaltar que também podem existir diferenças de crescimento decorrentes da própria natureza do material coletado.

#### 4. CONCLUSÕES

Após a realização deste trabalho é possível obter as seguintes conclusões:

1. A alga marinha vermelha *Porphyra acanthophora* pode ser cultivada em água do mar artificial preparada com água proveniente de fornecimento público;
2. A alga marinha vermelha *Porphyra acanthophora* obteve um melhor desenvolvimento no meio de cultivo com fertilizantes agrícolas do que no meio de cultivo padrão (Guillard F/2);
3. A alga marinha vermelha *Porphyra acanthophora* obteve melhor desenvolvimento com elevada intensidade de luz, no entanto o uso do sombreamento no cultivo é importante para diminuir o risco de contaminação ;
4. A alga marinha vermelha *Porphyra acanthophora* necessita de oxigênio na fase de escuro do fotoperíodo para se desenvolver.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALGAS. **Boletín Informativo de la Sociedad Española de Ficología**, Madrid, n.21, jun.1999. Disponível em:<<http://sefalgas.org/ALGAS21.htm>>. Acesso em: 08 Jun. 2004.

CHEN, L.C.M. **Human consumption of *Porphyra***. Monterey Bay Aquarium Research Institute. Moss Landing, 1999. Disponível em:<<http://www.mbari.org/staff/conn/botany/reds/lisa/consume.htm>>. Acesso em 19 Mai. 2004.

CULTIVO de Nori. **Seaweed Site**. 1994. Disponível em:<<http://www.seaweed.ie/cultivation/default.html>>. Acesso em: 20 Mai. 2004.

FAO fisheries departament. **The state of world fisheries and aquaculture**. FAO - Food and agriculture organization of the united nations. Rome, p. 149, 2002.

GLENN, E.P.; MOORE, D.; BROWN, J.J.; TANNER, R.; FITZSIMMONS, K.; AKUTIGAWA, M.; NAPOLEAN, S. A sustainable culture system for *Gracilaria parvispora* (Rhodophyta) using sporelings, reef growout and floating cages in Hawaii. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 165, p. 221-232, 1998.

JOLY, A.B. **Flora marinha do litoral norte do estado de São Paulo e regiões circunvizinhas**. São Paulo, 1965. p. 406.

KAPRAUN, D.F.; LEMUS, A.J. Field and culture studies of *Porphyra spiralis* var. *amplifolia* Oliveira Filho et coll (bangiales, Rhodophyta) from Isla de Margarita, Venezuela. **Botanica Marina**, Berlin, v.30, n.6, p. 483-490, 1987.

MCHUGH, D.J. **Perspectivas para la producción de algas marinas en los países en desarrollo**. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - FAO Circular de Pesca No. 968 FIIU/C968(Es). Roma, 2002. Disponível em:<<http://www.fao.org/DOCREP/004/Y3550S/Y3550S00.htm>>. Acesso em: 10 Mai. 2004.

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). **Journal of experimental marine Biology and Ecology**. Amsterdam, n. 269, p. 65-83, 2002.

NEIVA, G.S. **Sumário sobre a aqüicultura mundial**. Brasília, 1998. Disponível em:< <http://www.pescabrasil.com.br/comercial/artigo3.asp>>. Acesso em 20 Jun. 2004.



OLIVEIRA, E.C. Macroalgas marinhas de valor comercial: técnicas de cultivo. **Panorama da Aquicultura**. São Paulo, v. 7, n.42, 1997.

OLIVEIRA, E.C.; PAULO, E.J.; PLASTINO, E.M.; PETTI, R. **Metodologia para Cultivo no Axenico de Macroalgas Marinhas *in vitro***. Manual de Métodos Ficológicos. Ed. **Conception**: Universidade de Concepcion, p. 429 – 447, 1995.

PECKOL, P.; RIVERS, J.S. Physiological responses of the opportunistic macroalgae *Cladophora vagabunda* (L.) van den Hoek and *Gracilaria tikvahiae* (McLachlan) to environmental disturbances associated with eutrophication. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, Amsterdam, n. 190, p. 1-16, 1995.

SZE, P. **A biology of the algae**. Georgetown University, 3ª ed.1998. P. 278.

TALARICO, L.; MARANZANA, G. Light and adaptive responses in red macroalgae: an overview. **Journal of Photochemistry and Photobiology B-Biology**, Lausanne, v. 56, n. 1, p. 1–11, 2000.

TCP/BRA/0065. **Cultivo de algas em pequena escala no Nordeste brasileiro**. Relatório final do projeto desenvolvido nas comunidades de Flecheiras e Guajiru, 2004.

WELINGER, C.; ALVEAL K. **Influencia de los factores abióticos en el cultivo de algas in macroalgas de interés económico**. **Cultivo, manejo y industrialización**. Ed. de la Universidad Nacional de la Plata, Argentina , cap. 8, 1994.

ZARCO, C.R. **Prácticas de biología marina: algas rojas**. Universidad de Sevilla, 2003. Disponível em: <<http://www.pdipas.us.es/c/carromzar/algas/Bangiales.html>>. Acesso em: 10 Mai. 2004.

ZHANG, Q. LI, N. LIU, XGUANG, L. ZHAO, Z. LI, Z. XU, Z. The structure of a sulfated galactan from *Porphyra haitanensis* and its in vivo antioxidant activity. **Carbohydrate Research**. n. 339, p. 105-111, 2004.

HOEK, C. VAN, D. MANN, D.G. JAHNS, H.M. **Algae: in introduction to phycology**. Cambridge University Press, Inglaterra. 1998. P. 627.