



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PESCA
MESTRADO EM ENGENHARIA DE PESCA

AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DA ALGA MARINHA *Gracilaria birdiae*.
(GRACILARIALES, RHODOPHYTA), CULTIVADA EM ESTRUTURA DE
LONG-LINE

FRANCISCO CARLOS LIMA LELIS

FORTALEZA – CEARÁ – BRASIL
AGOSTO / 2006

FRANCISCO CARLOS LIMA LELIS

AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DA ALGA MARINHA *Gracilaria
birdiae*. (GRACILARIALES, RHODOPHYTA), CULTIVADA EM ESTRUTURA
DE *LONG-LINE*

Dissertação de Mestrado submetida à Coordenação
do Mestrado em Engenharia de Pesca da Universidade
Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção
do grau de Mestre em Engenharia de Pesca.

Professor Doutor MASAYOSHI OGAWA
Orientador

FORTALEZA – CEARÁ – BRASIL
AGOSTO / 2006

L558a Lelis, Francisco Carlos Lima

Avaliação do crescimento da alga marinha *Gracilaria birdiae* (Gracilariales, Rhodophyta), cultivada em estrutura de long-line / Francisco Carlos Lima.

72 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Pesca) - Universidade Federal do Ceara, Departamento de Engenharia de Pesca, Fortaleza, 2006.

Orientador: Prof. Phd. Masayoshi Ogawa

1. Alga – Cultivo I. Ogawa, Masayoshi

II. Título

CDD 639.2

Esta dissertação foi submetida à Coordenação do Mestrado em Engenharia de Pesca como parte dos requisitos necessários para à obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Pesca, outorgado pela Universidade Federal do Ceará e encontra-se à disposição dos interessados na Biblioteca de Ciências e Tecnologia da referida universidade.

A transcrição de qualquer trecho desta dissertação é permitida, desde que seja feita de acordo com as normas de ética científica.

Francisco Carlos Lima Lelis

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 30 / 08 / 2006.

Professor Doutor Masayoshi Ogawa
Orientador da Dissertação
Presidente

Professor Doutor Dárlcio Inácio Alves Teixeira
Conselheiro

Professor Doutor Everardo Lima Maia
Conselheiro

Dedico,

A minha amada VIVIANE por todo
amor e incentivo.

Ofereço,

A minha mãe, MARIA DE JESUS,
minha irmã TERESA e minha prima
SOCORRO pelo grande amor que me
dedicam e incentivo que sempre
dispensaram em toda minha formação.

AGRADECIMENTOS

A DEUS por dar-me vida para continuar lutando por meus objetivos.

Ao meu pai que tem presença forte em minha vida com seus ensinamentos.

Aos meus irmãos e sobrinhas pelo amor fraterno e incentivo na minha vida.

Ao Prof. Masayoshi Ogawa pela amizade, confiança, apoio e orientação precisa durante a realização deste meu trabalho.

Aos amigos Toivi Masih e Luciana Pereira pela preciosa ajuda durante toda realização do trabalho prático.

Aos Professores Dárlcio Inácio Alves Teixeira e Everardo Lima Maia pela importante avaliação e valiosa contribuição para o enriquecimento final deste trabalho.

Ao Professor Manuel Furtado Coordenador do Mestrado pelo apoio e incentivo durante o curso.

Aos meus amigos FULLDOGS, Rossi, Max Willian, Márcio, Tullio, Toivi, André e Issac pelo companheirismo, incentivo durante os anos de faculdade.

Aos meus grandes amigos Alessandro, Eduardo, Cláudio, Frâncio, Audísio, Emilva, Carol, Rommel, Gledson, Marcelo, André, Janaína, Cínthia, Robson, Paulo, Nadjane, Davi, Valter.

Em memória, ao amigo Evandro pelo companheirismo e pelas horas divertidas durante nossas viagens de trabalho que Deus poderia ter-lhe presenteado com mais anos de vida.

A todos os funcionários e alunos que fazem parte do Laboratório de Recurso Aquáticos (Laraq) pelo companheirismo e todos aqueles que conviveram comigo nestes anos de formação acadêmica.

Aos professores do Departamento de Engenharia de Pesca por todo o conhecimento repassado a mim durante todo o curso de Graduação e Mestrado.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará.

A Associação dos Pescadores da Praia de Flecheiras pelo apoio na realização do trabalho.

A Universidade Federal do Ceará por ter cedido todas as suas instalações físicas durante meus cursos de Graduação e Mestrado.

A Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) pela concessão de bolsa de estudo durante a realização do curso.

SUMÁRIO

	Páginas
RESUMO.....	VIII
ABSTRACT.....	IX
LISTA DE FIGURAS.....	X
LISTA DE TABELAS.....	XI
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
2.1. Local e Duração.....	25
2.2. Espécie utilizada.....	26
2.3. Modelo da estrutura utilizada.....	27
2.4. Coleta das algas e fixação na estrutura.....	29
2.5. Instalação da estrutura.....	30
2.6. Delineamento experimental.....	31
2.7. Levantamento dos dados amostrais.....	32
2.8. Análise Estatística.....	34
2.9. Parâmetros da água na área do cultivo.....	35
3. RESULTADOS.....	36
3.1. Dados quantitativos de peso (g) com 30 dias de cultivo.....	36
3.2. Peso médio (g) e Taxa de Crescimento Específico (%dia ⁻¹).....	38
3.3. Dados quantitativos de biomassa (kg) mensal.....	40
4. DISCUSSÕES.....	42
4.1. Local e Duração.....	42
4.2. Espécie utilizada.....	43
4.3. Modelo da estrutura utilizada.....	44
4.4. Delineamento experimental.....	45
4.5. Efeito da luminosidade no crescimento em peso (g).....	46
4.6. Parâmetros da água na área do cultivo.....	51
5. CONCLUSÕES.....	55
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57

RESUMO

A presente dissertação analisa o efeito da luminosidade no crescimento da alga marinha *Gracilaria birdiae* através da taxa de crescimento específico (TCE) e aumento de biomassa em diferentes profundidades. Foi utilizada estrutura do tipo *long-line* com corda principal medindo 25m e 10 cordas secundárias de 2,5m instalação a 200m da costa com profundidade entre 5 e 6 m (maré seca). Foram fixadas 12 mudas por corda secundária com espaçamento de 20cm compondo 12 linhas de profundidade. Com 30 dias realizou-se a pesagem de todas as mudas da estrutura identificadas por corda secundária e linha de profundidade. Com 60 e 90 dias a pesagem foi apenas nas linhas de profundidade que apresentavam mudas em melhores condições físicas. Nas profundidades testadas de 0,2 a 2,4m, observou-se um melhor desempenho do crescimento como também melhor aparência e condição física das mudas fixadas de 0,2 a 1,2m, enquanto as fixadas entre 1,4 a 1,8m ou tiveram crescimento inferior ou praticamente não cresceram, e as fixadas no limite inferior entre 2,0 e 2,4m verificou-se atrofiamento das mudas. Os pesos médios obtidos apresentaram diferença estatística significativa ($F = 187,104$; $p = 0,05$). A TCE demonstrou correlação negativa com a profundidade ($r = - 0,95$; $p = 0,05$; $n = 120$). Nas profundidades mais próximas da superfície de 0,2 a 0,6m favoreceram o crescimento das algas alcançando pesos de 167,5 a 147,0g e TCE de 2,92 e 2,69% dia⁻¹, entre 0,8 a 1,2m pesos de 139,0 a 124,0g e TCE de 2,29 a 1,90% dia⁻¹, e a partir de 1,4m até 2,4m pesos de 94,5 a 59,5g e TCE de 0,9 a 0,53% dia⁻¹. A redução nos pesos abaixo de 1,2m foi bastante acentuada evidenciando que as algas tiveram detrimento em seu crescimento com a redução da intensidade luminosidade apresentando atrofiamento de algumas mudas fixadas nas extremidades das cordas. Os parâmetros da água na área do cultivo temperatura, salinidade e grau de transparência da água apresentaram médias de $29,6 \pm 2,41$ °C, $35,6 \pm 1,49$ ‰ e $1,20 \pm 0,76$ m. No final do período experimental (90 dias) as mudas atingiram peso final de 937,0g, ideal para colheita. Para *Gracilaria birdiae*, a luminosidade foi o fator ambiental que afetou efetivamente sua TCE e produção de biomassa, apresentando nas condições do cultivo, crescimento satisfatório até a profundidade de 1,2m onde as mudas atingiram peso médio de $124,0 \pm 9,94$ g e TCE de 1,90 %dia⁻¹.

ABSTRACT

To present dissertation it analyzes the effect of the brightness in the growth of the alga sea *Gracilaria birdiae* through the rate of specific growth (TCE) and biomass increase in different depths. A structure of the type long-line was used with main rope measuring 25m and 10 secondary strings of 2,5m installation to 200m of the coast with depth between 5m and 6m (tide evaporates). 12 seedlings were fastened by secondary rope with spacing of 20cm composing 12 depth lines. With 30 days it accomplished the measure of the weights of the seedlings of the structure identified by secondary rope and depth line. With 60 and 90 days the measure of the weights was just in the depth lines that presented seedlings in better physical conditions. In the tested depths from 0,2 to 2,4m, it was observed a better acting of the growth as well as better appearance and physical condition of the fastened seedlings from 0,2m to 1,2m, while fastened them from 1,4m to 1,8m or they had inferior growth or practically they didn't grow, and fastened them in the inferior limit from 2,0 to 2,4m reduced growth of the seedlings it was verified. The obtained medium weights presented significant statistical difference ($F = 187,104$; $p = 0,05$). TCE demonstrated negative correlation with the depth ($r = - 0,95$; $p = 0,05$; $n = 120$). In the closest depths of the surface from 0,2 to 0,6m favored the growth of the algae reaching weights from 167,5 to 147,0g and TCE 2,92 and 2,69% day^{-1} , among 0,8m to 1,2m weights from 139,0 to 124,0g and TCE from 2,29 to 1,90% day^{-1} , and starting from 1,4m until 2,4m weights from 94,5 to 59,5g and TCE 0,9 to 0,53% day^{-1} . The reduction in the weights below 1,2 m was quite accentuated evidencing that the algae had detriment in your growth with the reduction of the intensity brightness presenting reduced growth of some you change fastened in the extremities of the strings. The parameters of the water in the area of the cultivation temperature, salinity and degree of transparency of the water presented averages of $29,6 \pm 2,41^{\circ}\text{C}$, $35,6 \pm 1,49\text{‰}$ and $1,20 \pm 0,76\text{m}$. In the end of the experimental period (90 days) the seedlings reached final weight of 937,0g, ideal for crop. For *Gracilaria birdiae*, the brightness was the environmental factor that it affected your TCE and biomass production indeed, presenting in the conditions of the cultivation, satisfactory growth until the depth of 1,2m where the seedlings reached weight of $124,0 \pm 9,94\text{ g}$ and TCE of 1,90 % dia^{-1} .

LISTA DE FIGURAS

	Páginas
FIGURA - 1	Mapa de distribuição do gênero <i>Gracilaria</i> 5
FIGURA - 2	Ferramenta utilizada para plantio direto no substrato. . . 12
FIGURA - 3	Modulo de estruturas de canos de polietileno. 14
FIGURA - 4	Estrutura utilizada como substrato artificial para fixação de esporos. 15
FIGURA - 5	Método de inoculação de substrato e incubação em condições artificiais. 15
FIGURA - 6	Modulo de inoculação <i>in situ</i> de substrato artificial. . . . 16
FIGURA - 7	Unidade portátil para transporte de esporos. 17
FIGURA - 8	Sistema de cultivo em cordas no mar. 18
FIGURA - 9	Sistema de cultivo em redes. 19
FIGURA - 10	Módulo de estrutura de balsa. 20
FIGURA - 11	Mapa de localização da praia de Flecheiras, Trairí, Ceará. 25
FIGURA - 12	<i>Gracilaria birdiae</i> coletada em banco natural na praia Flecheiras. 26
FIGURA - 13	Modelo da estrutura utilizada no experimento. 27
FIGURA - 14	Modo de fixação das chumbadas. 28
FIGURA - 15	Modo de disposição dos fitilhos e espaçamento para amarração. 29
FIGURA - 16	Vista aérea indicando o local de instalação da estrutura. 30
FIGURA - 17	Variações dos pesos médios de <i>G. birdiae</i> nas linhas de profundidade da estrutura. 39
FIGURA - 18	Variações das taxas de crescimento de <i>G. birdiae</i> nas linhas de profundidade da estrutura. 40
FIGURA - 19	Curva de crescimento em peso de <i>G. birdiae</i> durante o experimento. 41
FIGURA - 20	Talos de <i>Gracilaria birdiae</i> 44

LISTA DE TABELAS

		Páginas
TABELA - 1	Panorama da utilização de algas no Brasil.	8
TABELA - 2	Pesos (g) das mudas por linha de profundidade com 30 dias de cultivo.	37
TABELA - 3	Pesos médios por linha de profundidade com 30 dias de cultivo.	38
TABELA - 4	Valores de biomassa mensal na estrutura.	41

**AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DA ALGA MARINHA *Gracilaria birdiae*.
(GRACILARIALES, RHODOPHYTA), CULTIVADA EM ESTRUTURA DE
*LONG-LINE***

1. INTRODUÇÃO.

As algas são organismos capazes de ocupar todos os meios que lhes ofereçam luz e umidade suficientes, temporárias ou permanentes; assim, são encontradas em águas doces, na água do mar, sobre os solos úmidos ou mesmo sobre a neve. Quer sejam uni ou pluricelulares, as algas retiram todos os nutrientes que precisam do meio onde estão solução ou umidade e, portanto, são organismos fundamentalmente aquáticos (BHATTACHARYA e MEDLIN, 1998).

Segundo LOBBAN e HARRISON (1994) dentre os grupos de macroalgas marinhas podemos destacar três grandes grupos: Chlorophyta (algas verdes) Phaeophyta (algas castanhas ou pardas), e Rhodophyta (algas vermelhas) tendo como fatores ambientais mais importantes para o seu desenvolvimento a temperatura, salinidade, luz, movimento da água e disponibilidade de nutrientes.

As algas verdes são extremamente abundantes nos ambientes aquáticos sendo uns dos mais importantes componentes do fitoplâncton. São responsáveis pela maior parte da produção de oxigênio molecular disponível no planeta a partir da fotossíntese. Vivem em uma variedade de habitats, porém

apenas 10% das mais de 7 mil espécies são marinhas, a maior parte vive em água doce. Acumulam amido no interior de suas células, e contêm os pigmentos clorofilas *a* e *b*, carotenos e xantofilas; a presença de clorofilas *a* e *b* sustenta a idéia de que as algas verdes tenham sido as ancestrais das plantas superiores, por serem estas possuidoras destes tipos de clorofila.

As algas castanhas são organismos pluricelulares predominantemente marinhos (mais comuns em mares frios), vivendo fixadas em um substrato ou flutuando, formando imensas florestas submersas. São as maiores existentes, podendo atingir mais de 25m. Nestes organismos são encontrados os pigmentos, clorofilas *a* e *c*, fucoxantina e outros carotenóides, e como substâncias de reserva, óleos e polissacarídeo.

As algas vermelhas são quase que exclusivamente multicelulares, existindo poucos gêneros unicelulares. De acordo com WERLINGER et al. (2004), entre as multicelulares predominam as formas filamentosas, porém existem também formas parenquimatosas de aspecto foliáceo. É comum à organização filamentosa de aspecto cilíndrico, muitas vezes lembrando a organização parenquimatosas (talo pseudoparenquimatoso). Quanto às proporções, existem formas microscópicas, enquanto que outras podem atingir mais de 2m de comprimento. Entre as filamentosas podem ocorrer formas com organização polissifônica.

São predominantemente marinhas (mais comuns em mares quentes de águas transparentes) amplamente distribuídas na região equatorial com os gêneros mais comuns *Gelidium* e *Gracilaria*. São bentônicas vivendo fixadas em um substrato, pois necessitam do movimento das marés para realizar as trocas gasosas eficientemente; a principal característica é a presença do

pigmento ficoeritrina em suas células, responsável pela coloração avermelhada destes organismos. As algas vermelhas possuem clorofilas *a* e *d* e carotenóides, e armazenam amido como material de reserva.

As algas são usadas em todo o mundo com um grande número de aplicações. Entretanto, o principal uso das algas é na alimentação direta para humanidade, representando em torno de 400 mil toneladas de peso seco por ano (CRITCHLEY, 1997). Japão e China são os países que mais consomem algas, principalmente como alimento.

Apesar das algas serem conhecidas e prezadas pelas suas propriedades alimentares desde há muito no oriente, vários séculos se passaram até a sua utilização no ocidente.

Segundo McHUGH (2002) a três espécies de algas marinhas mais importantes utilizadas como alimento humano são: *Porphyra*, *Laminaria* e *Undaria*, sendo a China o principal produtor de algas marinhas comestíveis produzindo cerca de 5 milhões de toneladas, seguida da República da Coreia, com 800 mil toneladas e Japão com cerca de 600 mil toneladas.

Outro dos principais usos das algas está na extração de ficocolóides; compostos com propriedades gelificantes, bastante úteis com aplicabilidades tanto científica como industrial sendo um exemplo economicamente viável para as algas. Esses produtos como o alginato, carrageno e o ágar são produzidos a partir de algumas algas marinhas, castanhas e vermelhas, que podem ser colhidas na natureza ou em sistemas de aquicultura.

A produção destes ficocolóides gira em torno de 50 mil toneladas de peso seco produzidas anualmente. A carragena é empregada em alimentos e também na indústria de cosméticos. O ágar é empregado em géis para

eletroforese e como componente de meios de cultura sólidos (RADMER, 1996), bem como em alimentos industriais (GLICKMAN, 1987). A maioria dos atuais avanços biotecnológicos não teria sido possível sem a utilização deste ficocolóide (CARTÉ, 1996).

Segundo WERLINGER et al. (2004) o ágar é uma espécie de gelatina bastante usada como meio de cultura microbiana, e nas indústrias alimentares de chocolate, pudins, gelados, entre outras utilizações. É retirado de algas vermelhas, onde sua parede celular é dividida basicamente por duas partes, uma interna rígida, formada por microfibrilas de celulose (a grande maioria) e outra mais externa mucilaginosa.

Segundo McHUGH (2001) as principais fontes de ágar estão nas espécies de *Gracilaria* spp. (53%) e *Gelidium* (44%), em menor quantidade este produto é extraído da *Gelidiella* e *Pterocladia* (3%). O conteúdo de ágar em muitas espécies corresponde aproximadamente 20 a 30% da biomassa seca (CHAOYUAN, 1990).

O ágar de melhor qualidade (gel concentrado) é o derivado de espécies de *Gelidium*, mas só pode ser obtido de estoques naturais; a alga desta espécie é pequena e cresce lentamente, e as tentativas de cultivar comercialmente não foram viáveis. As espécies de *Gracilaria* são de maior tamanho e já são cultivadas com sucesso, por isso, atualmente constituem a principal fonte de ágar, aproximadamente 65% (McHUGH, 2002).

Existem basicamente três tipos de ágar: bacteriológico (microbiológico), "sugar reactive" e grau alimentício, com os preços variando basicamente com o tipo de ágar e o grau de pureza e suas aplicações, o ágar bacteriológico é o

mais caro e representa 4 a 5% do total de ágar, os principais fornecedores estão nos Estados Unidos e Inglaterra.

O mercado mundial de ágar tem sido estimado em 200 milhões de dólares e com o desenvolvimento da indústria de ágar, seu valor econômico é continuamente crescente. Os países que mais produzem este produto são Japão, Espanha, Chile, México, China e República da Coreia. Mais recentemente foram exploradas fontes de algas que contêm ágar na Indonésia, Filipinas, Tailândia e África.

Segundo CHAOYUAN (1990) o gênero de *Gracilaria* é o recurso mais abundante e promissor de produção de ágar sendo um grupo de algas de águas quentes tendo aproximadamente mais que 150 espécies, de distribuição cosmopolita principalmente nas regiões temperadas, tropicais e subtropicais (Figura 1).



FIGURA - 1. Mapa de distribuição do gênero *Gracilaria*.

Tradicionalmente as algas têm sido coletadas em populações de estoques naturais, porém estes vêm diminuindo em todos os bancos naturais onde ocorre este processo, por isso as técnicas de maricultura estão superando o extrativismo desde 1993, onde os principais cultivos concentram-se nas seguintes espécies: *Laminaria japonica* e *Undaria pinnatifida* (Phaeophyta), *Eucheuma* spp., *Gracilaria* spp. e *Porphyra* spp. (Rhodophyta) e *Monostroma* sp. (Chlorophyta).

Os valores da produção em estoques naturais de espécies de *Gracilaria* variam de 1 a 2 g.m⁻² . d⁻¹, sendo no máximo de 5 toneladas . ha . ano⁻¹, com a sazonalidade influenciando bastante nestes dados, podendo aumentar no verão e chegar a cessar no inverno (McLACHLAN e BIRD, 1986).

Manejo e desenvolvimento de estratégias de coleta para estoques naturais requerem claros estudos da biologia (crescimento, regeneração, reprodução e recrutamento), produtividade e influência dos fatores no desenvolvimento acarretados pela pressão da coleta em relação à produção.

SANTELICES e DOTY (1989) descrevem que as coletas dos estoques naturais no Chile são oportunistas, onde há uma sobreexploração do recurso e o escoamento da produção ocorre sem beneficiamento e sem condições de manejo adequado, acontecendo o mesmo para o Brasil, Argentina e Caribe.

A carência das algas naturais e o aumento na demanda destes recursos resultaram em um aumento de preços que forçaram o estudo de diferentes métodos de manejo e formas de cultivo no mar e fora deste nas diferentes partes do mundo (CRITHLEY, 1997).

O método mais comum de coleta é através da remoção por fileiras, o mesmo é revisto por SANTELICES e DOTY (1989), o modo que esta prática se

dá altera as características do sedimento e reduz a produtividade do banco. Um modo estratégico de coleta é adotado após estudos dos bancos naturais, que é único para cada local de coleta no Chile. Métodos de coletas passivos de espécies de *Gracilaria* atiradas à praia têm sido praticados com sucesso na África Meridional. Quantidades consideráveis de material bruto são lavadas em terra em Luderitz, Namíbia.

SANTELICES e DOTY (1989) estimam que sejam produzidas de 25 a 30 mil toneladas de *Gracilaria* seca anualmente. A maioria destas algas é usada na produção de ágar e provém do Chile e Argentina, sendo uma pequena quantidade oriunda do Brasil. Existem também coletas na África meridional, sendo esta realizada apenas com as algas atiradas a praia através das ondas, pois a legislação proíbe a coleta nos bancos naturais (CRICHLEY, 1997).

No Brasil, a região costeira compreendida entre o estado do Ceará e o norte do estado do Rio de Janeiro abriga a flora algal mais diversificada do país. No que diz respeito à exploração de espécies para fins comerciais a atividade de maior porte diz respeito à coleta de algas vermelhas dos gêneros *Gracilaria* e *Hypnea* na costa nordeste do país, particularmente no trecho que se estende do Estado do Ceará até o Estado da Paraíba com um grande aproveitamento econômico dos dois gêneros (Tabela 1).

A coleta da *Gracilaria* no país vem sendo feita desde a década de 60, por extração manual ou através de mergulho livre, para fins de exportação e também para processamento no próprio país, na produção do Agar. Já a *Hypnea* tem sido exportada como matéria prima ou já processada para a indústria de carragenana; neste caso, a biomassa é coletada em algas arribadas nas praias, e não diretamente nos locais de crescimento.

TABELA - 1. Panorama da utilização de algas no Brasil.

Espécie	Exploração Efetiva	Ocorrência
<i>Gracilaria birdiae</i>	Agar	Nordeste
<i>Gracilaria caudata</i>	Agar	Nordeste
<i>Gracilaria cornea</i>	Agar	Nordeste
<i>Gracilaria domingensis</i>	Alimentícia	Nordeste
<i>Hypnea musciformis</i>	Carragenana	Sudeste Nordeste

Fonte: Miguel Accioly (2005)

A coleta de *Gracilaria*, particularmente *G. cornea*, *G. caudata* e *Gracilaria* sp. é feita por extração manual, sobretudo nas marés baixas de sizígia, mas também através de mergulho livre, ou excepcionalmente com ar comprimido, da região entre marés até a isóbata de cinco ou pouco mais metros. Esta exploração vem sendo feita desde a década de 60 e os registros históricos apontam uma sobreexploração dos bancos (OLIVEIRA, 1981).

A coletada de espécies de *Gracilaria* em estoques naturais é realizada em diferentes países em todo o mundo, entretanto devido o esforço intenso das coletas tem levado a depleção dos estoques das espécies de elevado valor econômico, produtoras de ágar, efeito que deixa os cultivos como única alternativa para utilização sustentável desse importante recurso natural.

Devido ao conteúdo em ágar esse gênero tem sido alvo da atenção de inúmeros pesquisadores (OLIVEIRA e PLASTINO, 1994) visando à obtenção de condições ideais de cultivo, bem como a seleção de linhagens mais adequadas à maricultura (ZHANG e VAN DER MEER, 1987). Este

conhecimento também é fundamental para o manejo e o desenvolvimento das estratégias de coleta de bancos naturais (ALVEAL, 1996).

Entre as espécies existentes no mundo algumas das quais tem valor econômico muito importante são cultivadas em larga escala no Chile, Taiwan, Vietnã, e até certo ponto, Tailândia (CHAOYUAN, 1990),

A procura e a quantidade de algas disponíveis são os principais fatores que influenciam nos preços e na viabilidade econômica dos produtos que poderemos elaborar com estas algas. Os valores globais das algas processadas industrialmente têm sido calculados na ordem de 1 bilhão de dólares, e a demanda destes produtos têm sido incrementadas em cerca de 10% ao ano.

O Japão importa mais de 9 mil toneladas de algas agarofíticas por ano, este país também é o maior consumidor deste produto no mundo, os Estados Unidos usam mais de 1 mil toneladas de ágar, sendo mais de 80% deste material importado de outros países como o Chile, Espanha e Filipinas.

Em Coquimbo, no Chile, uma região de alta extração de ágar obtido de *Gracilaria*, observou-se uma queda brusca nos estoques naturais desta espécie, sendo que em uma década de exploração 1977 a 1987, apenas o equivalente a 3% do recurso inicial foi possível de ser coletado, nos últimos anos o Chile vem desenvolvendo diferentes métodos de cultivo para *Gracilaria* os quais conseguiram recuperar a produção deste recurso.

No Brasil, apesar do consumo de ficocolóides encontrar-se em franca expansão, porém as tentativas de cultivos comerciais foram mal sucedidas (OLIVEIRA e MIRANDA, 1998) devido à falta de conhecimento mais detalhado

da biologia das espécies passíveis de cultivo vem sendo apontada como uma das razões do insucesso destes cultivos (OLIVEIRA, 1998).

A cultura de algas marinhas é uma fonte de emprego em áreas costeiras, não degradando o ambiente e o sucesso deste tipo de cultura está relacionado com o conhecimento detalhado da espécie em estudo.

Os cultivos de macroalgas em todo o mundo, diferentemente das demais mariculturas, são tradicionalmente conduzidos por famílias de pescadores, principalmente pelas mulheres, apresentando um significativo impacto social (OLIVEIRA, 1998), desta forma, os cultivos de algas marinhas surge como uma nova opção de renda para as comunidades que exploram apenas a extração desse recurso.

A disponibilidade de algumas espécies de algas tem sido melhorada através de cultivos. Esta prática foi introduzida em diferentes localidades dos continentes de maneira de semeadura e colheita, como os cultivos de *Eucheuma* nas Filipinas, Indonésia e Tanzânia e o cultivo de *Gracilaria* no Chile.

Outros fatores que determinam à viabilidade dos cultivos de algas incluem a mão de obra especializada, equipamentos, secagem, transporte, reagentes químicos e disponibilidade de água (OHNO e CRITCHLEY, 1993).

As principais áreas de cultivo estão em: Taiwan e Hainan, Chile e Hawaii, produção em escala piloto têm sido feitas no Brasil, Estados Unidos, Caribe e Namíbia, técnicas de desenvolvimento de cultivo de espécies deste gênero também têm sido realizadas na Tailândia, Malásia, Indonésia e Filipinas (SANTELICES e DOTY, 1989).

Fazendas de *Gracilaria* produzem uma matéria prima com maior segurança em termos de volume e melhor qualidade do produto. Estas fazendas são melhores adaptadas em locais onde exista mão-de-obra disponível e tenha um estudo prévio onde o retorno sócio-econômico exceda o capital investido (SANTELICES e DOTY, 1989).

Devido à importância como principal gênero utilizado na extração de ágar, o interesse na implantação de cultivos comerciais de *Gracilaria* é crescente. Espécies de *Gracilaria* são cultivadas em mar aberto através de diferentes métodos, plantio direto no substrato ou em estruturas suspensas em cordas. Todas as técnicas de cultivo em escala comercial derivam de métodos: em suportes imóveis (estruturas de fundo) ou em suportes flutuantes (balsas e linhas mestras).

Segundo ARECES (1995), no primeiro método as algas permaneceram imóveis sofrendo todo o impacto mecânico provocado pela circulação da água, no segundo método parte desse impacto se transmite para a estrutura de flutuação que terá movimento no sentido vertical ou horizontal.

O cultivo vegetativo tem como base a capacidade da *Gracilaria* para crescer e multiplicar a partir de pedaços de talos em condições favoráveis de iluminação e temperatura. Estes talos podem incrementar seu peso entre 7 e 8 vezes.

O cultivo sobre o fundo a partir de talos vegetativos é o tipo de cultivo de *Gracilaria* que melhor se tem desenvolvido no Chile. O descobrimento de um sistema de talos subterrâneos capazes de viver ininterruptamente enterrados na areia, junto com uma demonstração experimental de uma correlação positiva e estatisticamente significativa entre o crescimento da *Gracilaria* e a

distância entre os talos tem sido determinantes para iniciar estes cultivos (SANTELICES, 1989).

No Chile, VILLALOBOS et al. (2002) desenvolveram cultivo de *Gracilaria* em fundos rochosos utilizando estrutura básica de uma armação quadrada de ferro (1 x 1m) e em cada extremidade uma perna de 20cm de altura. Dentro do quadrado cabos de 8mm de diâmetro cruzados, separados a cada 25cm, formando uma tela para fixação das algas.

A forma mais simples de se plantar consiste em inserir diretamente na areia amostras de talos das algas no substrato arenoso, usando-se ferramenta de ferro ou madeira com a extremidade bifurcada (Figura 2), mais recentemente têm-se usado uma pá específica para este fim, onde o cabo da mesma marca está distância entre as fileiras nos dois sentidos.

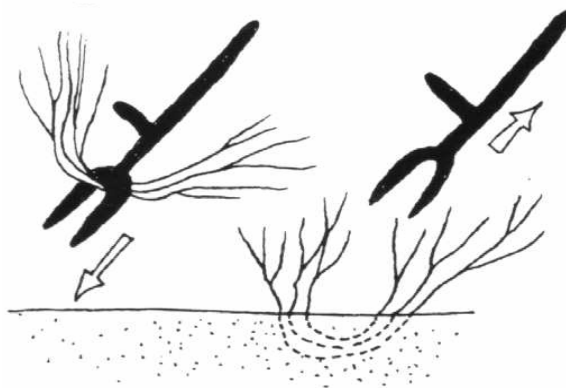


FIGURA - 2. Ferramenta utilizada para plantio direto no substrato.

Este método de plantação direta é especialmente adequado para locais entre-marés, onde os produtores podem plantar facilmente em marés baixas. Marés muito baixas podem reduzir o crescimento ou afetar significativamente

estas populações, este tipo de plantação requer uma demanda de mão-de-obra elevada comparada com outros métodos, conseqüentemente é economicamente viável para regiões muito produtivas que também tenham mão-de-obra de baixo valor.

O método direto tem sido tentado em várias áreas do sul do Chile com resultados variáveis, alguns fracassos foram devido, por exemplo, ao transporte das algas de um lugar para outro, devido às condições ecológicas de um local serem diferentes do outro onde se coleta as algas que irão ser cultivadas, em algumas vezes estas diferenças podem ser claras como tipo de fundo, grau de proteção do local, mas também podem não serem tão óbvias como os níveis de sais na água, proporções entre as quantidades de sedimento, salinidade da água ou ainda mudanças estacionais na topografia do fundo.

Um método mais elaborado de plantação foi desenvolvido usando-se estruturas submersas em substratos arenosos (Figura 3). Este método se originou provavelmente em Antofagasta no Chile e tem sido estudado por PIZARRO e BARRALES (1986) tendendo a otimização do mesmo. Neste sistema de plantação talos de *Gracilaria* são colocados sob canos de polietileno de aproximadamente 90cm de comprimento, 0,1mm de espessura e 4cm de diâmetro, sendo estes cheios de areia e fechados nas duas extremidades, 5 a 6 amostras de *Gracilaria* com aproximadamente 45cm de comprimento são presas ao longo dos tubos, estas unidades de cultivo (tubo+*Gracilaria*) são imediatamente transportadas por botes à zona de cultivo, descarregadas e ordenadas em baixo d'água por um mergulhador, gradualmente a unidade de cultivo é recoberta por areia, o polietileno

supostamente se desintegram por efeito da água do mar e movimento da areia, deixando os talos de *Gracilaria* imersos gerando um sistema de talos subterrâneos (SANTELICES, 1989).

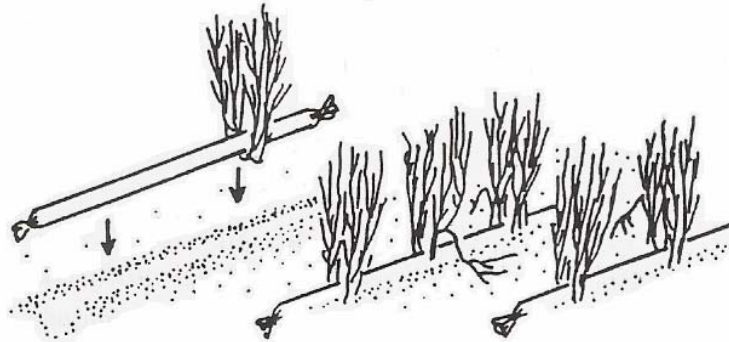


FIGURA - 3. Módulo de estruturas de canos de polietileno.

O cultivo de esporos consiste em fixar esporos (tetrásporos e carpósporos) sobre estruturas com substrato artificial.

De acordo com LÉPEZ et al. (2004), o método requer a provisão de espécies produtoras de esporos de áreas costeiras mantidas em laboratórios providos de tanques de médio e grande porte com sistema de filtração, aeração e esterilização da água do mar.

As algas são colocadas enroladas em cordas de 3 a 4mm de diâmetro enroladas em tubos de PVC de 60cm de comprimento (Figura 4), mantidas dentro dos tanques que após a liberação dos esporos as algas são retiradas.



FIGURA - 4. Estrutura utilizada como substrato artificial para fixação de esporos.

Os esporos se incrustam nas cordas, essas são mantidas nos tanques por dois meses até que os esporos cresçam 1 ou 2mm de tamanho, quando atingem o tamanho juvenil. Depois as cordas são transportadas em bolsas plásticas até o local de instalação da estrutura sendo desenroladas e presas nas estacas (Figuras 5) devendo ser alinhadas paralelamente as correntes principais de maré. A distância do fundo as cordas devem ser observadas de modo que nem as cordas, nem as algas encostem no substrato ficando uma distante de 1m uma da outra. Após 7 ou 10 meses as algas poderão ser coletadas.

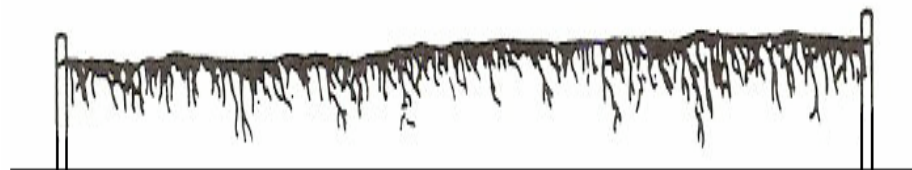


FIGURA - 5. Método de inoculação de substrato e incubação em condições artificiais.

Após a plantação ser estabelecida se recomenda instalar novas cordas entre as já instaladas, a fim de permitir um recrutamento de novos esporos. As novas cordas podem ser usadas para expandir o cultivo ou para substituir cordas danificadas. ALVEAL et al. (1995) sugerem que para a inoculação no substrato as estruturas podem ser instaladas em zonas com algas com evidencia de esporos (Figura 6).

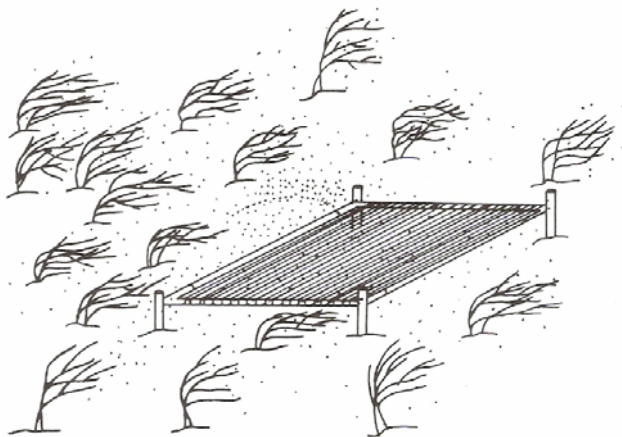


FIGURA - 6. Módulo de inoculação in situ de substrato artificial.

Em áreas tropicais têm-se encontrado espécies férteis durante períodos prolongados, por isso o cultivo a partir de esporos parece atrativo para esta região, além disso, devido a *Gracilaria* ser uma alga de tamanho pequeno, o custo pode ser alto cultivando grandes extensões de solo a partir de talos vegetativos (SANTELICES, 1989).

A manipulação de esporos permite trabalhar com recombinações genéticas e eventualmente fazer engenharia genética. O método de cultivo a partir de esporos foi desenvolvido com êxito por DOTY e FISHER (1987) e

consiste que os esporos produzidos por talos selecionados possam aderir-se a materiais que posteriormente são transportados aos lugares selecionados para o cultivo.

Para o transporte o método requer uma unidade portátil de cultivo (Figura 7) que seja possível uma preparação adequada no próprio local de cultivo. Esta unidade pode ser de plástico ou de madeira revestida por plástico, e deve ser suficientemente grande para que a temperatura da água não varie em demasiado e também para que uma pessoa possa trabalhar de maneira cômoda (SANTELICES, 1989).

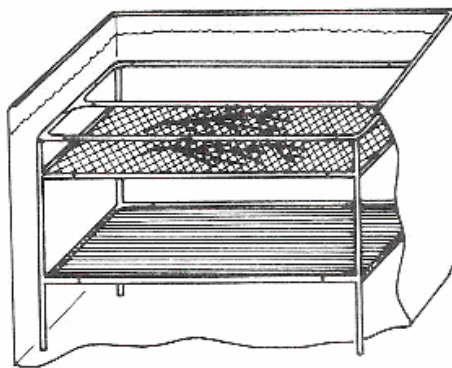


FIGURA - 7. Unidade portátil para transporte de esporos.

Outro método de cultivar esporos é sobre conchas de moluscos que são colocadas sobre o fundo da estrutura, em seguida esta é colocada na água até o nível desejado distribuindo-se os talos contendo cistocarpos de *Gracilaria* sobre a rede, observando-se que todos eles fiquem submersos.

Os esporos liberados aderem-se as estruturas nas próximas 24 a 48h imediatamente após a eclosão, caso as circunstâncias permitam, podem ser

testados outros objetos sobre a estrutura para avaliação da taxa de adesão dos esporos, qualquer descuido durante esta etapa significa na diminuição dos valores de adesão ou germinação dos esporos.

Durante o período de incubação na unidade de cultivo (24 a 48h), deve-se preparar o local que as algas serão semeadas, isto significa remover outras espécies de macroalgas não desejadas, preparar o substrato e se o módulo de cultivo forem cordas, instalar as estruturas necessárias.

Segundo SANTELICES (1989) até então no Chile não se tinham desenvolvido quantidades a nível comercial de *Gracilaria* a partir de esporos, no entanto experimentos laboratoriais provaram a germinação e desenvolvimento de carpósporos de *Gracilaria* sobre diferentes substratos incubados a 13°C, durante 16h/dia, sobre a luz e com salinidade de 34‰.

O cultivo a partir de talos vegetativos em redes ou cordas consiste em amarrar ou fixar porções de talos nas redes ou cordas que serão suspensas sobre estacas fixas no fundo com distâncias variáveis. As cordas devem ser alinhadas paralelamente as correntes principais de maré (Figura 8).

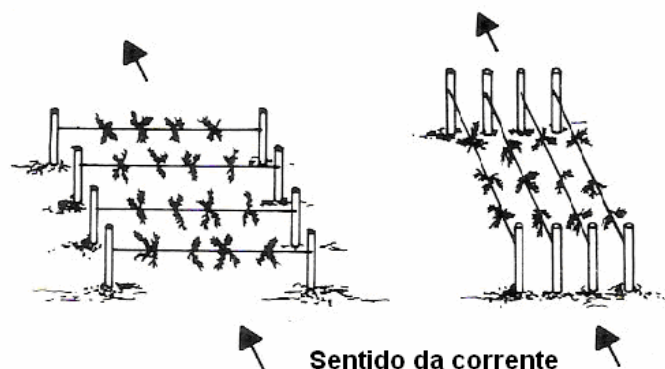


FIGURA - 8. Sistema de cultivo em cordas no mar.

O método de cultivo em redes (Figura 9) é usado em diversos lugares como Ceilão e Índias Ocidentais (SMITH, 1987) e Brasil (CÂMARA NETO, 1971). Em Santa Lúcia (Índias Ocidentais) este método é usado uma rede atravessa horizontalmente o interior da estrutura a uma distância de aproximadamente 30 a 50cm do substrato, e as espécies de *Gracilaria* são consumidas como alimento humano (SANTELICES, 1989).



FIGURA - 9. Sistema de cultivo em redes.

Os problemas mais comuns encontrados neste cultivo incluem a grande quantidade de mão-de-obra que é necessária para preparar as cordas e/ou redes, em áreas tropicais a herbivoria é alta, tanto em áreas tropicais como temperadas ocorre acúmulo de sedimentos.

Sistemas de estruturas de *long-line* são bastante utilizadas para cultivo de espécies marinhas de grande valor comercial e exploradas economicamente, isso porque apresentam a vantagem de poderem ser instaladas tanto em regiões abertas e profundas como em baías e enseadas.

De acordo com LIU (1987) este método tem sido tentado em várias partes do mundo, sendo usado mesmo em Qingdao na China com fragmentos de *Gracilaria* com aproximadamente 15g de peso amarrados a cordas de 70 a 80cm de comprimento, onde são suspensos a uma balsa (Figura 10) numa densidade de 3kg/m com valores de produção de aproximadamente 2 toneladas ha⁻¹ ano⁻¹, tendo como principal problema as epífitas, que devem ser removidas manualmente.

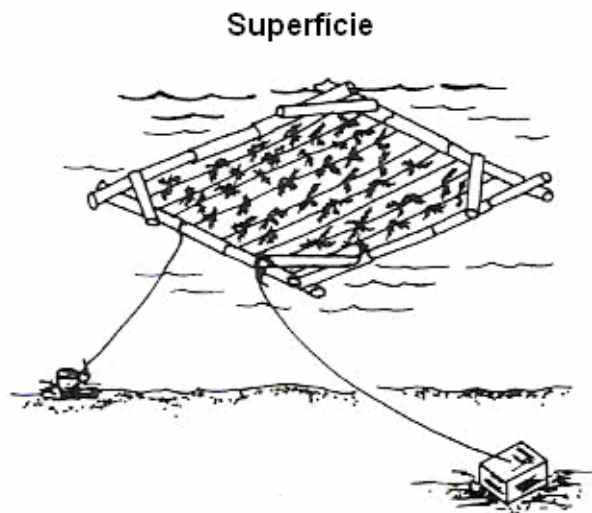


FIGURA - 10. Módulo de estrutura de balsa.

Estrutura de *long-line* para cultivo de algas consta basicamente de uma linha mestra de comprimento e diâmetro variáveis, com bóias colocadas nas extremidades e em toda a extensão da linha.

De acordo com SHACKLOCH e DOLY (1983) este tipo de estrutura permite o aproveitamento máximo de incidência de luz e o controle mais fácil

do epifitismo. A fixação da estrutura é através de cordas nas extremidades da linha mestra presa em âncoras.

Em Taranto no sul da Itália, CUOMO et al. (1997) desenvolveram cultivos de *Gracilaria verrucosa* em *long-line* em consórcio com cultivo de mexilhões com a pretensão de reduzir os níveis de amônia produzidos pelos mexilhões.

Na região de Coquimbo no Chile, VILLALOBOS et al. (2001) desenharam um modelo de estrutura de *long-line* para cultivar *Gracilaria* aproveitando cordas e cabos de outras estruturas presas a estacas e fixadas no substrato, apresentando resultados melhores que de outros métodos de cultivo que utilizam outros modelos de estruturas na mesma região.

Segundo WERLINGER et al. (2004) no Chile são realizados cultivos experimentais de *Gracilaria* em *long-line* associados a cultivo de salmão, instalados próximos às gaiolas aproveitando os dejetos de peixes como fertilizantes para incremento da produtividade das algas.

Sistema de *long-line* foi utilizado por CARNEIRO et al. (2002) para cultivo experimental de *G. birdiae* no Rio Grande do Norte com corda principal de 5m de comprimento e secundárias de 1m, dispostas em intervalos de 1m, e espaçamento entre as mudas de 20cm colocadas nas cordas verticais e corda horizontal.

REIS et al. (2004) utilizaram estrutura de *long-line* básico de linha mestra principal de 10m para estudo experimental com as espécies de interesse comercial *G. caudata*, *G. cervicornis* e *H. musciformis* em comunidades da Ilha de Marambaia no Rio de Janeiro para uma produção de pequena escala.

Modelo de estrutura semelhante com corda principal de mesmo comprimento e com cordas secundárias de 50cm foi utilizada por MASIH-NETO et al. (2005) para o cultivo da espécie de alga *H. musciformis* com fins comerciais, apresentando ótimos resultados de crescimento com esta espécie após 60 dias de cultivo.

Modelos de estruturas em cultivo experimental com *G. domingensis* foram utilizados por CABRAL et al. (2003), na praia de Pititinga, Rio Grande do Norte, um sistema de três telas tubulares compartimentadas de 1m de comprimento (cultivo em bolsas) dispostas paralelas umas as outras; e em gaiolas quadradas com 50cm de lado.

O mesmo sistema de gaiolas e bolsas plásticas foram utilizadas por PANUCCI (2004) para cultivo de *G. caudata* em viveiros de camarão aproveitando os efluentes do cultivo como nutrientes.

O Estado do Ceará apresenta uma alta diversidade de espécies de macroalgas marinhas com maior predomínio para algas vermelhas estando distribuídas em vários bancos naturais nas costas leste e oeste do Estado especialmente em baías e praias protegidas onde há substratos rochosos e águas transparentes. Entre os bancos mais produtivos estão Paracuru no Município de São Gonçalo do Amarante, Flecheiras e Guajiru e Baleia no Município de Trairí.

Apesar de sua extensão e riqueza biológica, os bancos de macroalgas existentes no Ceará são tradicionalmente usados pela pesca (extrativismo) artesanal. O esforço das coletas tem levado a depleção dos estoques das espécies de elevado valor econômico, principalmente do gênero *Gracilaria*,

produtoras de ágar, efeito que deixa os cultivos como única alternativa para utilização sustentável desse importante recurso natural.

Assim, cultivo de algas marinhas surge como uma alternativa à reposição dos estoques e uma nova opção de renda para as comunidades que exploram apenas a extração desse recurso.

No Ceará os cultivos de algas estão totalmente orientados para produção de material prima para a extração de ficocolóides, principalmente ágar. As primeiras tentativas de cultivo em ambiente natural foram realizadas na década de 80 por pesquisadores do Laboratório de Ciências do Mar (LABOMAR) da Universidade Federal do Ceará na comunidade de Guajiru com duas espécies de *Gracilaria* (FARIAS, 2004) atualmente as comunidades que experimentalmente iniciaram esse processo ainda permanecem na atividade como produtores (MASIH-NETO, 2006).

Recentemente a viabilidade do cultivo da agarófita nativa *Gracilaria birdiae* foi demonstrada através de projeto experimental desenvolvido na praia de Flecheiras, sob patrocínio da FAO (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura) em parceria com o Instituto TerraMar como apoiador na gestão do empreendimento.

De acordo com MASIH-NETO (2006), um sistema semi-intensivo para cultivo de algas, sendo utilizadas densidades de 48 *long-lines* por hectare, ocupando uma área de 1ha de lâmina d'água, pode ser classificado como um empreendimento de pequeno porte com produtividade estimada em cerca de 3 mil kg/ciclo, sendo 6 ciclos/ano com produção de mais de 18 mil kg resultando em uma receita acima de 72 mil reais.

Contudo, para uma expansão da atividade no âmbito do Estado ou região Nordeste do país requer uma avaliação mais ampla dentro de um panorama de desenvolvimento sustentável (MASIH-NETO, 2006) através de estudos que delimitem as áreas e sistemas adequados de cultivo, especialmente em relação ao gênero *Gracilaria* (Gracilariaceae), que representa a maior fonte comercial de ágar em todo o mundo.

Neste sentido, pretendeu-se com este estudo experimental determinar até que profundidade o efeito da luminosidade afetou o crescimento de *Gracilaria birdiae* através da avaliação da taxa de crescimento e aumento de biomassa para com isso, definir o comprimento ideal das cordas de estrutura do tipo long-line otimizando o uso desse recurso em sistema de produção em pequena escala na praia de Flecheiras.

2. MATERIAL E MÉTODOS.

2.1. Local e Duração.

O experimento foi realizado em cultivos de algas marinhas desenvolvidos pela comunidade pesqueira da praia de Flecheiras, no Município de Trairí (03°16'40" S; 39°16'08" W), litoral oeste, distante 150km da capital Fortaleza no Estado do Ceará, Brasil (Figura 11).

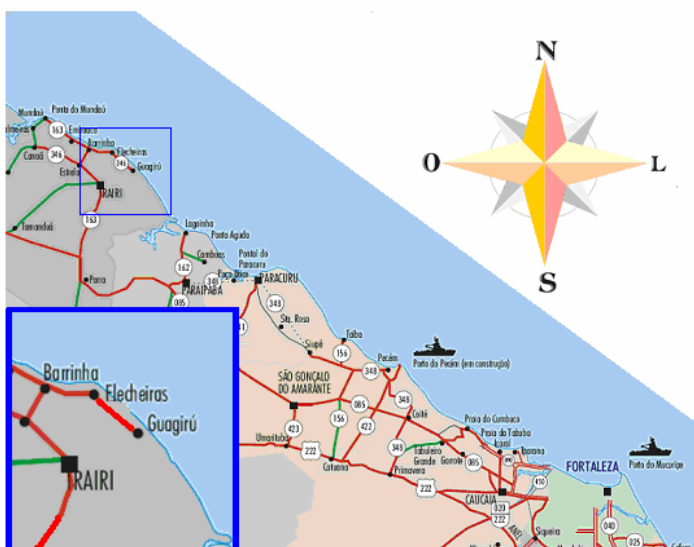


FIGURA – 11. Mapa de localização da praia de Flecheiras, Trairí, Ceará.

O experimento teve a duração de 90 dias sendo realizado no período de Agosto a Novembro de 2005, constando de única fase onde foi utilizada estrutura de cultivo de algas marinhas.

2.2. Espécie utilizada.

A espécie utilizada no experimento foi *Gracilaria birdiae* (Rhodophyta) recentemente descrita como uma nova espécie por PLASTINO e OLIVEIRA (2002), uma macroalga marinha de coloração vermelha largamente distribuída ao longo da costa brasileira e amplamente explorada por ser uma das principais espécies exploradas para produção de Agar (Figura 12).

A escolha por esta espécie deveu-se por ser uma espécie própria da região e bastante coletada nos bancos naturais na praia de Flecheiras.



Foto: Masih-Neto (2003)

FIGURA - 12. *Gracilaria birdiae* coletada em banco natural na praia Flecheiras.

2.3. Modelo da estrutura utilizada.

O modelo escolhido para a estrutura do cultivo foi do tipo *long-line*, confeccionada com corda fabricada de poliamida com 10mm de diâmetro, consistindo basicamente de 1 corda principal posicionada horizontalmente na superfície da água medindo 25m de comprimento, e 10 cordas secundárias servindo de estruturas para fixação das algas, posicionadas na vertical, dispostas lado a lado na corda principal com espaçamento de 2m, medindo 2,5m de comprimento totalizando 62,5m quadrados de área.

Para sustentação da estrutura foram colocadas 2 cordas em cada extremidade da estrutura com 20m de comprimento (Figura 13).

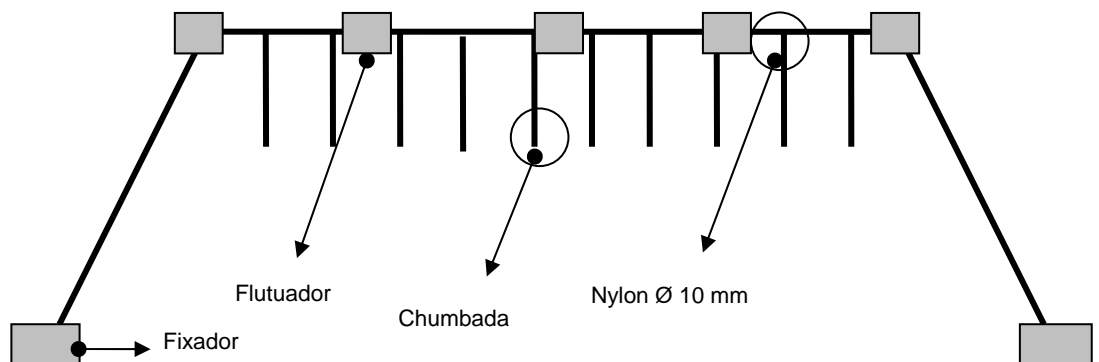


FIGURA – 13. Modelo da estrutura utilizada no experimento.

Para fixação da estrutura no substrato foram colocados nas extremidades das cordas de sustentação 2 blocos com aproximadamente 15kg de peso, feitos com ferro, cimento e brita.

Para auxiliar na flutuação da estrutura, utilizou-se inicialmente 6 blocos de poliestireno celular rígido com 2L de volume distribuídas na corda principal com espaçamento de 5m, sendo acrescentada mensalmente 1 bloco á medida que as algas cresciam para manter a estrutura flutuando próxima à superfície da água.

Para que as cordas secundárias permanecessem posicionadas verticalmente foram colocadas nas suas extremidades inferiores fitas de chumbada com peso de 50g (Figura 14).



Foto: Masih-Neto (2005)

FIGURA – 14. Modo de fixação das chumbadas.

Para fixação das mudas nas cordas secundárias foram utilizadas fitas plásticas do tipo "fitilho", em pares, entrelaçadas na corda (Figura 15).

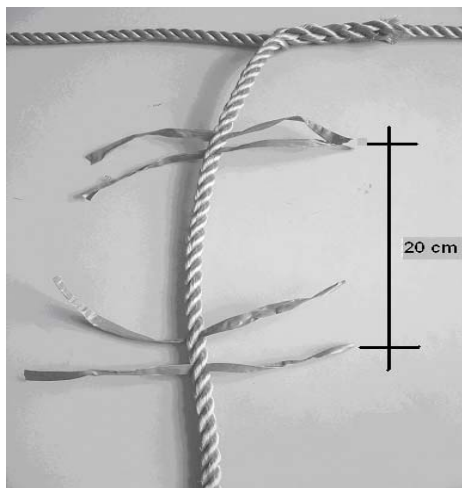


Foto: Masih-Neto (2005)

FIGURA – 15. Modo de disposição dos fitilhos e espaçamento para amarração.

2.4. Coleta das algas e fixação na estrutura.

As algas foram coletadas em um banco natural na praia de Flecheiras, Trairí. Para a retirada das mudas utilizou-se uma tesoura para cortar a partir dos talos, no mínimo 3cm da base, para preservação do apressório garantindo desta forma as estruturas de reprodução da espécie.

Após a coleta, as algas foram selecionadas com a finalidade de descartar qualquer tipo de material vivo ou não que estivesse contaminando as algas, como ramos danificados, outras espécies de algas epífitas ou larvas e juvenis de animais, em seguida, foram divididas em mudas e colocadas em intervalos iguais com espaçamento de 20cm ao longo de toda corda secundária. Foram fixadas 12 mudas por corda secundária num total de 120 mudas na estrutura, a uma densidade de 5 mudas/m.

2.5. Instalação da estrutura.

Depois de aprontada, a estrutura de cultivo foi levada de barco até o local de instalação, a uma distância aproximada de 200m da costa na maré seca, em seguida, fixada seguindo a linha da praia em uma profundidade entre 5 e 6m. (Figura 16)



Fonte: imagem Google Earth

FIGURA - 16. Vista aérea indicando o local de instalação da estrutura.

2.6. Delineamento experimental.

Para realização do estudo pretendido as 10 cordas secundárias contendo as mudas de algas foram consideradas repetições, e cada distância de 20cm entre as mudas, conforme foram dispostas nas cordas secundárias, a partir da corda principal, foi considerada como sendo uma linha de profundidade, totalizando 12 linhas. Desta forma, o experimento constou de 12 tratamentos com 10 repetições.

As mudas foram estocadas com peso inicial de 70g totalizando 840g de peso por corda secundária, cerca de 350g/m e biomassa total de 8.4kg em toda a estrutura.

Mensalmente realizaram-se biometrias com 30, 60 e 90 dias de cultivo para coleta de dados de massa fresca, através da pesagem das mudas (amostras). Durante as biometrias também foram avaliadas as condições físicas das algas em cada linha de profundidade.

Na biometria com 30 dias de cultivo toda a estrutura foi retirada da água e levada até a praia para realizar a pesagem de todas as mudas de algas sendo identificadas por corda secundária e linha de profundidade.

Nas biometrias seguintes com 60 e 90 dias de cultivo realizou-se a pesagem apenas de uma muda por corda, num total de 10 mudas, escolhida aleatoriamente, retirada das linhas de profundidade que apresentavam mudas em melhores condições físicas.

Para realizar as biometrias seguintes, parte da estrutura era levantada e colocada sobre o barco, em seguida, as mudas eram retiradas da corda e

pesadas utilizando uma balança do tipo balcão de 1kg de carga máxima, depois eram devolvidas aos respectivos lugares na estrutura de cultivo.

2.7. Levantamento dos dados amostrais.

Os valores de massa fresca obtidos das amostras em cada biometria foram utilizados para serem calculados os valores mensais de: peso médio; aumento de biomassa e biomassa total na estrutura.

1. Para calcular o peso médio, somava-se o peso de todas as mudas amostras, em seguida, dividia o somatório dos pesos das amostras pelo número total de amostras.
2. Para calcular o aumento da biomassa mensal, calculava-se a diferença entre a biomassa inicial e final entre duas amostragens consecutivas.
3. Para calcular a biomassa total, multiplica-se o peso médio das amostras pelo número total de mudas na estrutura.

Também serviram para calcular os valores dos pesos médios das mudas em todas as cordas secundárias e em cada linha de profundidade permitindo uma avaliação do efeito da luminosidade no crescimento das mudas determinando até qual profundidade a redução da intensidade luminosidade interferiu no desenvolvimento da espécie de alga estudada.

Para uma avaliação da relação entre os fatores ambientais, luminosidade com a profundidade foi determinado o coeficiente de correlação (r) de Pearson (STEVENSON, 1978) para uma análise da correlação do crescimento em peso e taxas de crescimento diárias nas diferentes profundidades da estrutura.

Para a avaliação do crescimento em peso em relação ao tempo de cultivo os valores médios de biomassa do cultivo foram aplicados para o cálculo da taxa de crescimento específico (% por dia) sugerido por ALVEAL et al. (1995) através da fórmula:

$$TCE = \{[\ln (Mf / Mi)] / t\} \times 100$$

onde, TCE, taxa de crescimento específico; Mf, medida massa final; Mi, medida massa inicial; e t, tempo de cultivo.

A taxa de crescimento é uma medida de porcentagem do incremento celular: de biomassa fresca ou seca; clorofila ou comprimento etc, em função do tempo (% dia⁻¹).

As taxas de crescimento foram monitoradas mensalmente possibilitando uma avaliação do crescimento diário das algas em cada período de cultivo.

Para o primeiro período de 30 dias a taxa de crescimento foi calculada individualmente para cada linha de profundidade, para os períodos seguintes de 60 e 90 dias a taxa foi calculada para a estrutura até a linha de profundidade que apresentou mudas em melhores condições físicas.

Para uma simplificação dos dados amostrais, os valores finais obtidos com o crescimento das algas estão apresentados em média ± desvio padrão

2.8. Análise Estatística.

Para facilitar na execução dos cálculos dos parâmetros de crescimento e auxiliar nas análises estatísticas foram utilizadas planilhas eletrônicas onde todos os valores médios de crescimento em peso, apresentados para a estrutura foram introduzidos no programa Microsoft Excel 2003.

A homogeneidade das variâncias foi verificada através do teste de Cochran por se tratar de um experimento com o mesmo número de repetições (MENDES, 1999).

Foi utilizada a análise de variância unifatorial (ANOVA) e aplicação do teste F de Snedecor para verificar se houve diferença significativa entre os pesos médios das algas nas diferentes linhas de profundidade testadas com 30 dias de cultivo.

O teste de Tuckey foi realizado após as análises de variância para comparação dos pesos médios em todas as linhas de profundidade.

Para comparação entre os valores de biomassa com 60 e 90 dias de cultivo foi aplicado o teste t de Student.

O grau de confiança para todos os testes de significância foi estipulado em 95% ($p = 0,05$).

2.9. Parâmetros da água na área do cultivo.

Durante as biometrias foram observados os parâmetros da água na área como salinidade, temperatura e transparência da água utilizando os respectivamente instrumentos de medição: refratômetro, termômetro e disco de Secchi.

As biometrias foram realizadas sempre pela manhã quando o céu não apresentava nenhuma nebulosidade para ser verificado o grau de transparência da água.

O grau de transparência foi determinado pela profundidade do disco, sendo a profundidade média obtida através da medida da profundidade na qual o disco desaparece e aquela na qual o disco reaparece após ser puxado de volta.

Os valores finais obtidos com os parâmetros de qualidade da água estão apresentados em média \pm desvio padrão.

3. RESULTADOS.

As variáveis obtidas e avaliadas neste trabalho foram: Peso (g) e Biomassa (kg) das algas e, Salinidade (‰), Temperatura (°C) e Grau de transparência (m) da água do mar, estando os resultados apresentados em média \pm desvio padrão. Apenas os dados de biomassa foram analisados estatisticamente.

3.1. Dados quantitativos de peso(g) com 30 dias de cultivo.

Os dados quantitativos dos pesos das algas nas diferentes linhas de profundidades medidos com 30 dias (Tabela 2) demonstram um decréscimo da biomassa com o aumento da profundidade evidenciando uma tendência geral de correlação negativa entre biomassa e profundidade.

TABELA – 2. Pesos (g) das mudas por linha de profundidade com 30 dias de cultivo.

Linhas de Profundidade	Cordas secundárias									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,2	175	165	170	160	170	160	165	175	170	165
0,4	160	155	145	155	150	150	145	165	170	170
0,6	150	155	140	140	145	145	140	150	145	160
0,8	135	145	135	135	130	140	130	155	135	150
1,0	130	125	130	130	125	130	120	145	110	130
1,2	125	120	135	125	120	135	125	130	100	125
1,4	100	90	80	90	90	110	90	100	90	105
1,6	80	75	95	90	85	100	80	95	85	80
1,8	70	70	80	85	90	90	75	80	70	50
2,0	65	60	85	75	60	80	60	70	75	60
2,2	50	70	60	60	75	80	60	90	70	50
2,4	60	65	50	55	70	75	60	50	50	60

3.2. Peso médio (g) e Taxa de Crescimento Específico (% dia⁻¹).

Os valores de peso médio, obtidos com 30 dias de cultivo (Tabela 3) apresentaram diferença estatística significativa entre todas as linhas de profundidade ($F = 187,104$; $p = 0,05$) evidenciando que o aumento da profundidade provocou uma redução do crescimento em peso desta espécie.

TABELA – 3. Pesos médios por linha de profundidade obtidos 30 dias de cultivos.

Profundidade	Peso médio (g) ¹	Estatística comparativa ²	TCE (% dia ⁻¹)
0,2	167,50 ± 5,40	a	2,91
0,4	156,50 ± 9,44	a	2,68
0,6	147,00 ± 6,75	b	2,47
0,8	139,00 ± 8,43	b	2,29
1,0	127,50 ± 8,90	c	1,99
1,2	124,00 ± 9,94	c	1,90
1,4	94,50 ± 8,96	d	1,00
1,6	86,50 ± 8,18	e	0,70
1,8	76,00 ± 11,97	f	0,27
2,0	69,00 ± 9,37	g	- 0,04
2,2	66,50 ± 12,92	g	- 0,17
2,4	59,50 ± 8,64	h	- 0,54

¹ – Médias obtidas de 10 repetições

² – Letras diferentes diferenciam os tratamentos pelo teste de Tukey ($p = 0,05$).

As taxas de crescimento específico (Tabela 3) demonstram uma tendência geral de correlação com os níveis de profundidade apresentando correlação negativa ($r = - 0,95$; $p = 0,05$; $n = 120$) confirmando que as menores taxas de crescimento ocorreram nas maiores profundidades.

As Figuras 17 e 18 representam bem as variações dos pesos médios e taxas de crescimento das algas influenciados pelo aumento da profundidade.

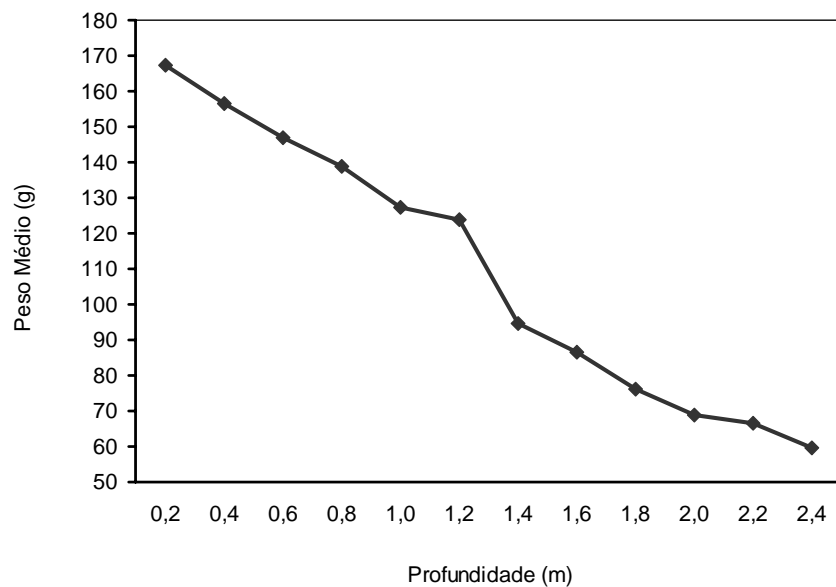


FIGURA – 17. Variações dos pesos médios de *G. birdiae* nas linhas de profundidade da estrutura.

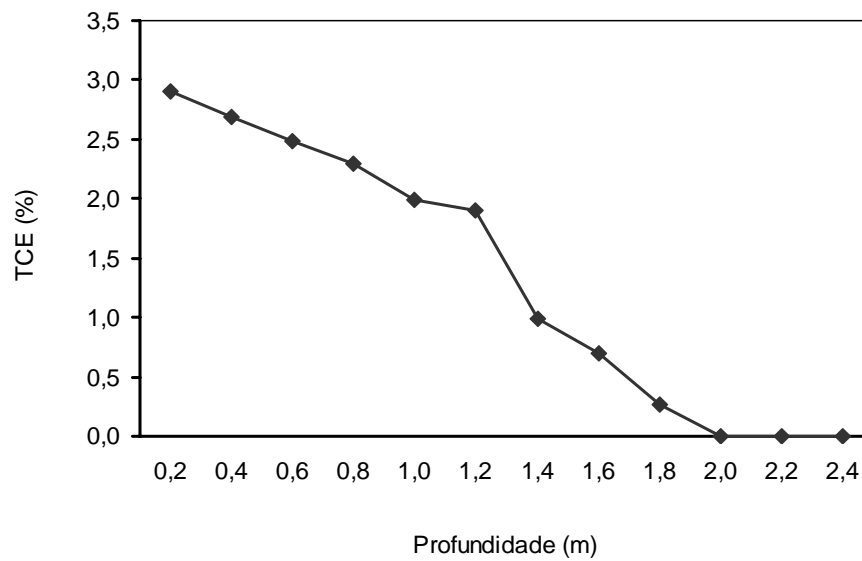


FIGURA – 18. Variações das taxas de crescimento de *G. birdiae* nas linhas de profundidade da estrutura.

3.3. Dados quantitativos de biomassa (kg) mensal.

Para uma avaliação do crescimento em peso relacionado ao tempo de cultivo em cada período durante os 90 dias a espécie estudada apresentou boa evolução.

Os dados quantitativos de peso médio com 30, 60 e 90 dias de cultivo (Figura 19) demonstram uma boa evolução no crescimento da espécie nas condições ambientais do local. A biomassa estimada para 30 dias foi calculada para as 120 mudas, enquanto para 60 e 90 dias a biomassa estimada foi apenas para as 60 mudas localizadas na parte superior da estrutura.

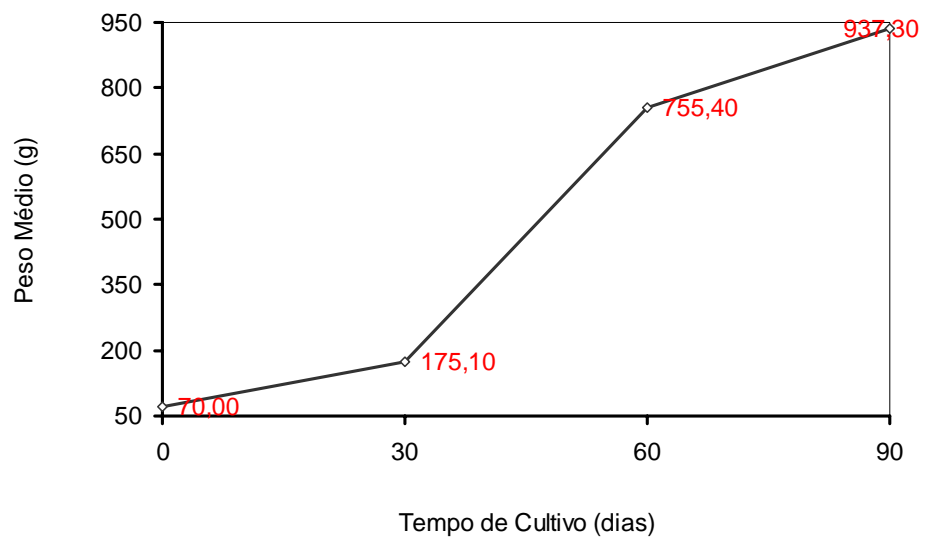


FIGURA –19. Curva de crescimento em peso de *G. birdiae* durante o experimento.

A Tabela 4 apresenta os valores de biomassa total produzida em toda a estrutura em cada período durante os 90 dias.

TABELA - 4. Valores de biomassa mensal na estrutura.

Dias de cultivo (dias)	0	30	60	90
Biomassa (kg)	8,40	21,01	45,32	56,24

Os valores de biomassa observados demonstram que é conveniente realizar a colheita para fins comerciais com 90 dias de cultivo quando os valores de biomassa foram superiores aos obtidos com 60 dias apresentando diferença estatística significativa pelo teste “*t* de Student” ($t = 3,66$; $p = 0,05$).

4. DISCUSSÕES.

4.1. Local e Duração.

A escolha pela praia de Flecheiras para realização do experimento foi devida à localidade estar entre os bancos naturais de algas mais produtivos do Estado do Ceará e ter sido uma das primeiras comunidades a serem implantados cultivos experimentais de algas e permanecer na atividade até hoje. Esses cultivos de algas vem sendo desenvolvidos como alternativa de renda para a comunidade local com apoio do Instituto TerraMar.

Durante anos a comunidade de Flecheiras explorava as algas de forma extrativista, sendo uma atividade que representava poucos ganhos, como também não havia uma preocupação com questões como sustentabilidade e equilíbrio ambiental.

Hoje com o desenvolvimento de cultivo ordenado, além da melhoria do ganho com a venda das algas, a coleta correta preserva os bancos naturais evitando uma diminuição dos estoques naturais futuros.

O período de 90 dias foi tempo suficiente para uma avaliação do crescimento de *G. birdiae* utilizando as técnicas de cultivo em escala comercial em estrutura de *long-line* descrita nesse experimento e nas condições ambientais apresentadas evidenciando grande potencial para a maricultura em cultivo.

4.2. Espécie utilizada.

A espécie *Gracilaria birdiae* foi descrita por PLASTINO e OLIVEIRA (2002) como sendo uma nova espécie de águas tropicais brasileiras com base em várias comparações críticas de vários aspectos morfológicos relacionados com outras espécies economicamente importantes e comuns que também ocorrem na costa do nordeste do Brasil, e que são exploradas para produção de ágar. Apresenta uma estrutura bastante ramificada com talos compridos e cilíndricos de coloração vermelho-vinácea (Figura 20), alcançando 40cm de comprimento e 2mm de diâmetro, apresentando um apressório de onde partem um ou mais ramos cilíndricos com ramificações pseudodicotômicas irregulares, freqüentemente unilaterais e de segunda ordem.

O talo tem organização microcistideada com células pequenas na medula. Os espermatângios estão reunidos em conceptáculos na forma de criptas fundidas do tipo henriquesiana. Os cistocarpos possuem uma constrição basal nítida, ostíolo proeminente e carposporófito com ampla região de contato com o gametófito. A espécie *G. birdiae* é encontrada desde a costa do estado do Ceará até o estado do Espírito Santo, sendo morfológicamente bem parecida com *G. caudata*, que tem uma distribuição mais abrangente desde o Atlântico ocidental tropical até o Caribe (PLASTINO e OLIVEIRA, 2002).

Segundo MASIH-NETO et al. (2003) a alga do gênero *Gracilaria* vem sendo cultivada com bons resultados em algumas comunidades costeiras no estado do Ceará, por se adaptarem bem as condições de cultivo e terem significativo valor comercial.



FIGURA - 20. Talos de *Gracilaria birdiae*.

4.3. Modelo da estrutura utilizada.

Para o estudo pretendido foram montadas duas estruturas idênticas, uma foi instalada na praia de Flecheiras e outra na praia do Guajiru, distante cerca de 20km de Flecheiras, porém na primeira biometria (30 dias) a estrutura instalada na praia do Guajiru foi encontrada praticamente destruída com várias cordas “roídas” e outras sem nenhuma muda inviabilizando o estudo desta estrutura. A estrutura instalada na praia de Flecheiras não apresentou nenhum dano físico possibilitando a continuidade do experimento.

O modelo do módulo de estrutura proposto para o experimento demonstrou ótima adaptação às condições físico-ambientais impostas pelo local, principalmente no tipo de estrutura de fixação utilizada.

Entretanto, o comprimento das cordas secundárias não foi adequado para a profundidade do local da instalação, isso provocou um grande acúmulo

de sedimentos nas mudas localizadas a partir do nível de 1,8m de profundidade.

Este sedimento é principalmente areia proveniente do material em suspensão provocado pelo movimento da água que revolve o fundo. Como as mudas estavam próximas do fundo na maré baixa este material em suspensão adere nas mudas, com isso, se evidenciou que a profundidade mínima para a instalação deveria exceder os 6m na maré mais baixa.

O espaçamento entre as mudas de 20cm permitiu uma densidade de 5 mudas/m sendo suficientes para diminuir o efeito do sombreamento natural.

Como em qualquer cultivo de organismo aquático, o fator densidade em cultivos de algas se deve dar muita importância, pois condiciona o sombreamento natural, isso porque, como as cordas estão na posição vertical existe um autosombreamento provocado pela muda superior sobre a muda inferior que ocorre independente do comprimento da corda. O autosombreamento provoca diminuição da intensidade luminosa e do tempo de duração da luz sobre as algas.

4.4. Delineamento experimental.

As biometrias com períodos de 30, 60 e 90 dias foram suficientes para avaliar o crescimento da espécie escolhida. Os parâmetros da água: salinidade, temperatura e grau de transparência na área do cultivo foram

verificados sempre pela manhã quando o céu não apresentava nenhuma nebulosidade.

A metodologia para o levantamento dos dados amostrais da biomassa optou-se pela a pesagem de todas as mudas da estrutura, apenas com 30 dias de cultivo, devido às condições de manejo com as mudas de algas, isso porque ficou inviável o manejo devido ao peso e tamanho das mudas com 60 e 90 dias de cultivo, como também a retirada de todo conjunto da estrutura da água para realizar a pesagem.

Contudo, o período de 30 dias foi suficiente para avaliar o crescimento em relação à profundidade já que foi constatado diferenças nos crescimentos das mudas nos níveis de profundidade da estrutura, diferenças verificadas durante os 90 dias que durou o experimento.

Durante a realização das biometrias foi à verificada presença de larvas e juvenis de peixes, camarões e lagostas nas algas. Com esta constatação podemos afirmar que as estruturas de cultivo tornaram-se uma nova biota.

Segundo LEITE-FILHO et al. (1998) esses animais encontraram nas estruturas de cultivo condições favoráveis de alimento e proteção durante as fases iniciais de vida.

4.5. Efeito da luminosidade no crescimento em peso (g).

Na primeira biometria com 30 dias de cultivo já foi possível avaliar o crescimento em peso das mudas e identificar até que linha de profundidade a

redução da intensidade luminosa provocada pelo aumento da profundidade afetou o crescimento de *G. birdiae*.

Nas diferentes linhas de profundidades testadas entre 0,2 a 2,4m, os resultados demonstram a formação de dois níveis na estrutura um superior (0,2 a 1,2m e um inferior (1,4 a 2,4m), onde no nível superior da estrutura ocorreu crescimento normal das mudas compensado pela regularidade da duração e periodicidade da luz, enquanto que no nível inferior à redução do fluxo de energia luminosa emitido afetou os padrões de desenvolvimento das mudas.

Durante todo o período experimental observou-se um melhor desempenho do crescimento como também boa aparência e melhores condições físicas das mudas localizadas nas linhas de profundidade entre 0,2 e 1,2m, enquanto que as mudas localizadas nas linhas de profundidade entre 1,4 e 1,8m ou tiveram crescimento inferior ou praticamente não cresceram, condição que foi agravada para aquelas localizadas nos limites inferiores nas linhas de profundidades entre 2,0 e 2,4m onde se verificou atrofiamento das mudas.

Nas linhas de profundidades mais próximas da superfície de 0,2 e 0,4m foram as que mais favoreceram ao crescimento das mudas apresentando bons valores de peso médio (167,5 e 156,5g) e taxas de crescimento (2,91 e 2,68 %dia⁻¹) estando os valores bem próximos não apresentando diferença estatística significativa.

Também não foi verificada diferença estatística significativa nas linhas de 0,6m (147,0g e 2,47 %dia⁻¹) e 0,8m (139,0g e %dia⁻¹). O mesmo acontecendo nas linhas de 1,0m (127,5g e 1,99 %dia⁻¹) e 1,2m (124,0g e 1,90 %dia⁻¹).

Nas linhas de profundidades entre 1,4 e 1,8m, a redução dos valores dos pesos (94,5 a 76,0g) e das taxas de crescimento (1,00 a 0,27 %dia⁻¹) foi bastante acentuada evidenciando que as mudas tiveram detrimento em seu crescimento com a redução da intensidade luminosa.

Nestas linhas de profundidades o efeito do regime claro sobre a rentabilidade (custo efetivo produtividade) foi suficiente apenas para manutenção do sistema de produção de biomassa (ou metabólicos), já que a irradiação diária a que as mudas foram submetidas reduziu sua capacidade fotossintética.

Para as mudas localizadas na parte mais extrema das cordas nas linhas de profundidades entre 2,0 a 2,4m tiveram atrofiamento apresentando peso médio (69,0 a 59,5g) inferior ao inicial (70,0g) apresentando taxas de crescimento negativas (- 0,04 a - 0,54 %dia⁻¹).

As diferenças de crescimento das mudas nas linhas de profundidade avaliadas através dos pesos médios e da taxa de crescimento demonstram que a diminuição da intensidade luminosa com o aumento da profundidade afetou o crescimento a cada 0,4m de profundidade no nível superior da estrutura apresentando valores de peso mais heterogêneos por linha de profundidade, e a cada 0,2m de profundidade no nível inferior da estrutura com pesos mais homogêneos.

Esta diferença no crescimento das mudas nos dois níveis da estrutura permaneceu até o final do experimento, isso porque, as mudas localizadas no nível inferior ficaram nas linhas de profundidades abaixo do grau de transparência da água medido no local do cultivo (1,2m) onde a incidência de luz começa a diminuir até sua completa extinção.

A diminuição dos valores de peso e taxas de crescimento com o aumento da profundidade comprova a preferência da espécie *G. birdiae* por áreas de águas rasas com altas taxas de luminosidade, apresentando conforme a profundidade da água diferentes taxas de crescimento (ZHENG et al. 1987).

Em relação à profundidade, a penetração da luz está sujeita a transparência da água, pois abaixo de poucos metros a quantidade de luz pode ser insuficiente para as algas realizarem a fotossíntese, isso porque, grande quantidade de partículas em suspensão como ocorrem em zonas costeiras prejudicam a penetração da luz.

Segundo PLASTINO e MANSILLA (2004) organismos que realizam fotossíntese se encontram limitados nos níveis superiores do oceano onde a intensidade de luz é suficiente para ocorrer à fotossíntese, já que a taxa de fotossíntese diminui com o aumento da profundidade, isso porque, a diminuição da intensidade de luz afeta separadamente o metabolismo e o desenvolvimento das algas, pois a intensidade luminosa tem sua importância na conversão em energia luminosa em energia química (fotossíntese) e, a duração e periodicidade têm seu efeito no fotoperíodo, que controla os padrões de desenvolvimento e conseqüente aumento no peso.

A fotossíntese é o mais importante dentre os processos fisiológicos devido a grande importância na produtividade primária dos ecossistemas e tem a luz como fator fundamental para a sua realização, dependendo da absorção desta por parte das algas.

Segundo PLASTINO e MANSILLA (2004) o processo de fotossíntese só é possível quando a quantidade de luz que requerem as células autotróficas se

encontra sobre certa profundidade onde a luz pode alcançar, isso porque, a quantidade de luz que incide sobre a superfície fotossintética dos vegetais determina sua grande capacidade fotossintética.

A habilidade das algas para absorver e utilizar a luz em suas reações fotoquímicas é devido ao fato delas possuírem um pigmento de clorofila verde ou outro pigmento e alguns acessórios adicionais para absorverem a luz. Outra habilidade é a capacidade de que algumas espécies têm de se adaptarem as variações de temperatura e salinidade.

A revisão destes e de outros fatores de limitação nos processos fotossintéticos natural permitem entender a importância de regular o grau de iluminação como também dos outros fatores que um cultivo de alga deve ter.

Os dados quantitativos de biomassa com 30, 60 e 90 dias considerando até o limite de 1,2m (Figura 19), demonstram que as mudas tiveram um bom crescimento atingindo ótima biomassa, tendo o peso médio final (937,3g) aumento em relação ao peso inicial (70,0g) em mais de 13,39 vezes com taxa de crescimento de $2,90 \text{ \%dia}^{-1}$, confirmando o bom desempenho de crescimento desta espécie de alga que vive em região equatorial, e está submetida a um fotoperíodo constante de 12h luz e 12h escuro.

A biomassa obtida para o período experimental foi maior que a alcançada por PANUCCI (2004) com *G. caudata* em gaiolas (606,0g) instaladas em viveiro de cultivo de camarão *Lithopenaeus vannamei*, e superior à média das cordas horizontais (327,5g) das cordas verticais com 1m de comprimento (193,1g) obtidos por CARNEIRO et al. (2002), com *G. birdiae* cultivada em estrutura de *long-line*, comprovando a diminuição da biomassa com o aumento da profundidade e conseqüente redução da luminosidade.

A taxa de crescimento específica verificada nos 90 dias ($2,92 \text{ \%} \cdot \text{d}^{-1}$) foi superior aos valores alcançados por CABRAL et al. (2003) em sistemas de bolsas ($2,3 \text{ \%} \cdot \text{d}^{-1}$) e gaiolas ($0,9 \text{ \%} \cdot \text{d}^{-1}$) com *G. birdiae*, e aos alcançados por PANUCCI (2004) em gaiolas ($1,63 \text{ \%} \cdot \text{d}^{-1}$).

Quando comparada a outras espécies também de interesse comercial, superaram aos indicados por MASIH-NETO et al. (2005) de $2,88 \text{ \%} \cdot \text{d}^{-1}$ obtidos em cultivo em *long-line* para *H. musciformis* com 60 dias de cultivo, e ficaram próximos aos indicados por REIS et al. (2004) que obtiverem valor de $3,9 \text{ \%} \cdot \text{d}^{-1}$ também com *H. musciformis* com 40 dias de cultivo.

Contudo, os valores das taxas alcançados durante o período experimental comprovaram que *G. birdiae* é uma alga de crescimento rápido, confirmando seu potencial para maricultura para a praia de Flecheiras.

4.6. Parâmetros da água na área do cultivo.

A observação dos parâmetros da água na área do cultivo foi bastante importante, já que são considerados fatores limitantes no crescimento das algas, pois a variação em quaisquer destes pode modificar o crescimento, seja qualitativamente ou quantitativamente.

O valor médio da salinidade medido na área do experimento ($35,6 \pm 1,49\text{‰}$) ficou próximo do valor médio da salinidade da água do mar que é de 35‰ podendo, de uma forma geral, variar entre 33 e 37‰ .

O valor médio da temperatura ($29,6 \pm 2,41^{\circ}\text{C}$) medido na área do experimento ficou na faixa ótima para nossa região que é de 24 a 34°C .

Os valores de temperatura e salinidade estão de acordo com a região do nordeste do país, estando bem próximos dos registrados por CARNEIRO et al. (2002), $28,0 \pm 2,37^{\circ}\text{C}$ e $35,5 \pm 1,21\text{‰}$ com *G. birdiae*; CABRAL et al. (2003), $29,62 \pm 0,64^{\circ}\text{C}$ e $35,8 \pm 0,45\text{‰}$ com *G. domingensis* e PANUCCI et al. (2002), com temperatura variando de $30,4$ a $33,0^{\circ}\text{C}$ e salinidade de $33,0$ a $40,0\text{‰}$, com *G. caudata*, todos os cultivos desenvolvidos no litoral do Rio Grande do Norte.

As algas do gênero *Gracilaria* apresentam uma grande capacidade para tolerar uma grande faixa de flutuação de temperatura e salinidade (McLACHLAN e BIRD, 1984), podendo crescer em temperaturas variando entre $5,0$ a $30,0^{\circ}\text{C}$ e salinidades entre $5,2$ a $38,1\text{‰}$ com faixa ótima de $11,3$ a $30,1\text{‰}$. A faixa de temperatura ótima varia conforme a espécie (ZHENG et al. 1987).

O valor médio ($1,20 \pm 0,76\text{m}$) do grau de transparência da água medido na área do experimento determinou a profundidade onde a incidência de luz praticamente teve sua extinção total.

O valor alcançado na praia de Flecheiras foi muito superior aos registrados por CARNEIRO et al. (2002), $24,3 \pm 5,89\text{cm}$; CABRAL et al. (2003), $35,0 \pm 3,54\text{cm}$ e PANUCCI et al., (2002), apresentando valor máximo de 36 cm e mínimo de $25,5\text{cm}$.

Segundo PLASTINO e MANSILLA (2004), do ponto de vista da profundidade de penetração da luz no oceano, a porção de luz que entra na coluna d'água está sujeita a redução por causa de uma série de fatores com os mais importantes entre eles: reflexão da superfície da água, latitude, estação

do ano, reflexão e absorção de partículas suspensas na água, absorção da luz pela água.

Assim, quando existe grande quantidade de partículas suspensas na água, como ocorre em regiões costeiras, à profundidade de penetração da luz pode ser severamente reduzida ficando limitada a poucos metros de profundidade.

No caso da praia de Flecheiras, a distancia de instalação da estrutura (200m da costa) e profundidade do local (6m) não provocou redução da penetração da luz na água devido à presença de partículas suspensas até a profundidade de 1,2m, favorecendo quantidade de luz suficiente para os processos fotossintéticos das algas.

Quanto à incidência de luz ZHENG et al. (1987) esclarecem que *Gracilaria* requer uma incidência de luz alta, apresentando conforme a profundidade da água, diferentes taxas de crescimento, podendo ser mais alta que 1cm/dia em profundidade inferior a 1m de profundidade variando de 2,5% a 1,0%.

Além da luz, a temperatura da água, a salinidade, os nutrientes da água são fatores importantes para o crescimento das algas, pois ao contrário das plantas terrestres que absorvem os nutrientes através de suas raízes, as algas absorvem seus nutrientes através de suas folhas e talos, já que suas raízes apenas servem para fixação no substrato, que pode ser uma pedra, solo arenoso ou mesmo um bloco de cimento.

Segundo PLASTINO e MANSILLA (2004) os organismos marinhos fotossintéticos desenvolvem características muito próprias que tornam possível

sua adaptação às condições peculiares com relação à qualidade e quantidade de luz disponível, salinidade, temperatura, pH e nutrientes.

Dentro dessas adaptações destacam aquelas relacionadas com o processo de fotossíntese como a composição dos pigmentos mais também as características morfológicas externas.

Dentre os pigmentos as clorofilas *a* e *b* juntamente com alguns carotenóides, capturam a energia luminosa necessária para a fotossíntese.

Os resultados deste estudo demonstraram que a luminosidade foi o fator ambiental que afetou efetivamente a taxa de crescimento diário e produção de biomassa que variaram de acordo com a profundidade.

Para *Gracilaria birdiae* cultivada no litoral oeste do Ceará, os valores de peso e taxa de crescimento diário obtidos nas linhas de profundidade estudadas, variando de 0,2 a 2,4m, demonstram crescimento satisfatório até a profundidade de 1,2m ($124,0 \pm 9,94\text{g}$ e $1,90 \text{ \%dia}^{-1}$), abaixo desta profundidade, a taxa de crescimento diário ficou abaixo de $1,0 \text{ \%dia}^{-1}$, apresentando produção inferior a alcança em estoques naturais de *Gracilaria* (1 a $2 \text{ g.m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$) indicada por McLACHLAN e BIRD, (1986).

De prova experimental da potencialidade da área para a atividade como um sustento alternativo para os pescadores, a viabilidade de cultivar *G. birdiae* foi demonstrada neste estudo no tipo de estrutura proposto (*long-line*) com comprimento adequado para as cordas secundárias em até 1,2m.

5. CONCLUSÕES.

No presente estudo, a luminosidade foi o fator ambiental que afetou efetivamente a taxa de crescimento específico e produção de biomassa, variaram de acordo com a profundidade, em consequência da diminuição da intensidade luminosa causada pelo aumento da profundidade, confirmando que existe relação entre profundidade e luminosidade evidenciando que a intensidade, duração e periodicidade da luz afetaram no metabolismo e no desenvolvimento das algas.

Para *Gracilaria birdiae* cultivada no litoral oeste do Ceará, os valores de peso e taxa de crescimento específico obtidos nas linhas de profundidade estudadas, variando de 0,2 a 2,4m, demonstram crescimento satisfatório até o limite de 1,2m.

O modelo de estrutura de *long-line* com comprimento de 1,2m para as cordas secundárias e uma densidade de 6 mudas por corda são ideais para o cultivo de *Gracilaria birdiae* na praia de Flecheiras.

Os parâmetros de qualidade de água do local demonstram condições ambientais favoráveis para o cultivo de algas desta espécie com grande potencial para a maricultura.

A alga *Gracilaria birdiae*, apresentou alta taxa de crescimento após 90 dias ($2,90\%d^{-1}$) utilizando as técnicas de cultivo em *long-line* descrita nesse experimento atingindo peso final 13 vezes o inicial.

Os valores de biomassas observados demonstram que é conveniente realizar a colheita para fins comerciais com 90 dias de cultivo.

O cultivo além da vantagem de preservar algumas espécies de algas, este não causa impactos biológicos negativos, sendo uma solução para o problema dos bancos naturais de algas e uma alternativa de renda para as comunidades extrativistas locais.

A espécie utilizada, por ser nativa da região, não apresenta problemas com disseminação e desequilíbrio ambiental, e que os cultivos existentes na praia de Flecheira demonstram que existe em termos ambientais e sociais, grande potencial para que haja sustentabilidade com modelos de estrutura sustentável, não havendo conflitos com outros usos do ambiente, condições necessárias que devem ser consideradas ao se instalar qualquer empreendimento de cultivo de macroalgas por pescadores tradicionais.

O cultivo das algas no local estudado tornou-se uma nova biota, onde larvas e juvenis de peixes, camarões, lagosta e outros encontraram condições favoráveis de alimento e proteção.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

ACCIOLY, M.C., 2005. Maricultura de Macroalgas no Brasil: potencial biotecnológico. In. XIV Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca, Fortaleza, Ceará, Brasil. Palestras Técnicas.

ALVEAL, K. 1996. Manejo de algas marinas comerciais. In: Macroalgas de interes econômico. Cultivo, manejo, industrialización (M. Ferrario, & E. Sar, eds.). Editorial de La Universidad Nacional de La Plata, La Plata, p. 57-88.

ALVEAL K. et al., 1995. Cultivo de *Gracilaria* a partir de esporos. Manual de Métodos Ficológicos, Concepción, Chile. 599 pp.

ARECES. A.J. 1995. Cultivo Comercial de Carragenofitas Del Género *Kappaphycus* Doty. Manual de Métodos Ficológicos, Concepción, Chile. 531 pp.

BHATTACHARYA, D. & MEDLIN, L. 1998. Plant. Physiol. v. 9; 116 pp.

CABRAL, T.M. et al., 2003. Avaliação do crescimento da agarófita *Gracilaria domingensis* no litoral do Rio Grande do Norte.
Fonte: <http://www.adaltech.com.br>

CÂMARA NETO, C. 1971 Contribuição ao conhecimento qualitativo e quantitativo das "arribadas da Redinha". Boletim do Instituto de Biologia Marinha da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, v.5, p. 3-30.

CARNEIRO, M.A.A. et al. 2002. Efeito da profundidade no crescimento da alga vermelha *Gracilaria birdiae*. UFRN.
Fonte: <http://www.adaltech.com.br>

CARTÉ, B.K. 1996. Biomedical potential of marine natural products. BioScience v. 46, p. 271-286.

CHAOYUAN. W. 1990. Training Manual On *Gracilaria* Culture And Seaweed Processing In China, Zhanjiang Fisheries College, Regional Seafarming

Resources Atlas. FAO/UNDP Regional Seafarming Development and Demonstration Project (RAS/86/024), January 1990. (Atlas series No. 1). 83 pp.

CRITCHLEY, A.T. 1997. *Gracilaria* (Rhodophyta, Gracilariales): an economically important agarophyte. In Seaweed cultivation and marine ranching (M. Ohno, & A.T. Critchley, eds.). JICA, Yokosuka, p. 89-112.

CUOMO, V. M, J. et al, 1997. *Gracilaria* Long-line Cultivation: Mariculture with seaweed and mussels for marine environmental restoration and resources production. International Journal of Environmental Studies; 52 (4) 297. Taranto, Italy, p. 1993-1994.

DOTY, M.S. & FISHER, J.R.,1987. Experimental culture of seaweed (*Gracilaria* sp.) in Penang. Malaysia. FAO Bay of Bengal Program (BOB/WP/52) Development of Small Scale Fisheries (GCP/RAS/040/SWE), 37 pp.

FARIAS, W.R.L, 2004. Cultivo de algas marinhas no Estado do Ceará. In. VIII Seminário Nordestino de Pecuária, PECNORDESTE 2004. Palestras Técnicas: Aqüicultura, Fortaleza, Ceará, p. 37-38.

GLICKMAN, M. 1987. Utilization of seaweed hydrocolloids in the food industry. Hydrobiologia. vs. 151/152; p. 31-47.

LEITE-FILHO, R. H.; et al (1998). Influência das fases da lua na captura de pueruli e juvenis de lagosta do gênero *Panulirus* White por coletores artificiais. Anais do XI CONBEP, p. 1023-1029.

LÉPEZ, I et al, 2004. Acuicultura: Culivo y Producción de Organismos Acuáticos. In: Biología Marina y Oceanografía: Conceptos y Procesos. Concepción, Chile. v. II; p. 559-594.

LIU, S. J., 1987. Distribution, present production status and future of *Gracilaria* in Guangdong Province. Sci. and Tech. of Fisheries., v. 1; p. 14-15.

LOBBAN, C.S. & HARRISON, P.J., 1994. Seaweed Ecology and Physiology Cambridge University Press, USA. 366 p.

MASIH-NETO, T., 2006. Análise da Sustentabilidade do Cultivo de Macroalgas Marinhas Para o Litoral do Ceará. Monografia (Engenharia de Pesca), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará; 31 pp.

MASIH-NETO, T. et al, 2005. Cultivo Experimental da Alga *Hypnea muciformis*. In: XIV Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca, Fortaleza, Ceará, Anais eletrônicos. AEP/CE; p. 146 – 147.

MASIH-NETO, T. et al, 2003. Survey of suitable areas in Ceará state, Brasil, World aquaculture, Salvador, Brasil. p. 453.

McLACHLAN, J. & BIRD, C.J. 1986. *Gracilaria* (Gigartinales, Rhodophyta) and Productivity. Aquatic Botany, v. 20; p. 27– 49.

McLACHLAN, J. & BIRD, C.J. 1984. Geographical and Experimental Assesment of the distribution of *Gracilaria* species (Rhodophyta, Gigartinales) in relation to temperature. Helgolander wiss. Meeresunters. v. 38; p. 319-334.

McHUGH, D.J. 2002. Perspectivas para la producción de algas marinas en los países en desarrollo. FAO Circular de Pesca. No. 968. Roma, FAO. 30 pp.

McHUGH, D.J., 2001. Prospects for Seaweed Production in Developing Countries. FAO Fisheries Circular nº 968, FIIU/C968, 28 pp.

MENDES, P. de P. 1999. Estatística Aplicada à Aqüicultura. Recife, Brasil, 256 pp.

OLIVEIRA, E.C. & PLASTINO, E.M. 1994. Gracilariaceae. In Biology of Economic algae (I. Akatsuka, ed.). SPB Academic Publishing bv, The Hague, p.185-226.

OLIVEIRA, E.C. de 1998. The Growth of the seaweed industry and the Latin-American potential. In: *Proceedings of Aquicultura Brasil 98*. Recife, p. 435-436.

OLIVEIRA, E.C. de 1981, Marine Phycology and Exploitation of seaweeds in South America. *Proceedings International Seaweed Symposium*. p. 97-112.

OLIVEIRA, E.C. & MIRANDA, G.E.C. 1998. Aspectos sociais e econômicos da exploração de algas marinhas no Brasil. In: *Anais do IV Congresso Latinoamericano de Ficologia, Volume II Reunião Ibero-americana, VII Reunião Brasileira de Ficologia* (E.J. Paula, M. Cordeiro-Marino, D.P. Santos, E.M. Plastino, M.T. Fujii, & N.S. Yokoya, eds). Sociedade Ficológica da América Latina e Caribe Sociedade Brasileira de Ficologia, São Paulo,v.z, p.359-369.

OHNO, M & CRITCHLEY, A. 1993. Seaweed Cultivation and Marine Ranching. Kanagawa International Fisheries Training Center, Japan International Cooperation Agency (JICA). 151 pp.

PANUCCI, R.A. 2004. Uso da macroalga *Gracilaria caudata* J. Agardh como biofiltro no tratamento de efluentes da carcinicultura. UFRN.
Fonte: <http://www.adaltech.com.br>

PANUCCI, R.A. et al. 2002. Cultivo integrado da macroalga *Gracilaria caudata* Agardh, e o camarão branco *Lithopenaeus vannamei*.
Fonte: <http://www.adaltech.com.br>

PIZARRO A & BARRALES H, 1986. Field Assessment of Two Methods for Planting the Agar Containing Seaweed *Gracilaria* in Northern Chile. *Aquaculture* v. 59; p. 31–43.

PLASTINO, E.M. & MANSILLA, A, 2004. Luz y Fotosíntesis. In: *Biología Marina y Oceanografía: Conceptos y Procesos*. Nacional del libro y la Lectura. Universidad de Concepción. Chile. Trama Impresores. v. I, p. 229-252.

PLASTINO E.M. & OLIVEIRA E.C. 2002. *Gracilaria birdiae* (Gracilariales, Rhodophyta), a new species from the tropical South American Atlantic with a terete frond and deep spermatangial conceptacles. *International Phycological Society* v. 41; p. 389-396

RADMER, R.J. 1996. Algal diversity and commercial algal products. *BioScience* v. 46; p. 263-270.

REIS, R.P., et al, 2004. Cultivo de algas vermelhas de interesse comercial na Ilha de Marambaia, In: *Anais da X Reunião Brasileira de Ficologia*, Salvador, Bahia, Sociedade Brasileira de Ficologia, série livros, nº 10, p. 289-300.

SANTELICES, B. 1989. Algas Marinhas do Chile, Distribución. Ecología. Utilización. Diversidad. Univ. Católica de Chile, Santiago, 399 pp.

SANTELICES, B. & DOTY, M.S, 1989. A review of *Gracilaria* Farming. *Aquaculture*. v. 78; p. 95 –133.

SHACKLOCH, P.E & DOLY. R.W., 1983. Control of epiphytes in seaweeds culture using grazes, *Aquaculture*, v. 31. p. 141-151.

SMITH, I. 1987 The economics of small-scale seaweed production in the South China Sea Region. FAO Fish. Circular No. 806.

STEVENSON, W.J. 1978. Business Statistics: Concepts and Application. Tradução de Alfredo Alves de Farias, 1981. Estatística Aplicada à Administração. ed. HARBRA - Haper & Row do Brasil, São Paulo, 495 pp.

VILLALOBOS M. L., et al., 2002. Cultivo de *Gracilaria* sobre fundo rochoso utilizando sistema suspensos. Liceo Industrial José Tomás de Urmeneta García, Coquimbo, Chile, 7 pp.

VILLALOBOS M. L., et al., 2001. Uso de un *long-line* para cultivar *Gracilaria*, Liceo Industrial José Tomás de Urmeneta García, Coquimbo, Chile, 7 pp.

WERLINGER. C. et al, 2004. Acuicultura: cultivo y producción de organismos acuáticos In: Biología Marina y Oceanografía: Conceptos y Procesos. Nacional del libro y la Lectura. Universidad de Concepción. Chile. Trama Impresores. v. II, p. 559 -594.

ZHANG, X.C. & VAN DER MEER, J.P. 1987. A study on heterosis in diploid gametophytes of the marine red alga *Gracilaria tikvahiae*. Botanica Marina. v. 30: p. 309-314.

ZHENG C. K., at al, 1987. Phycoculture. Shanghai House of Science and Technology Publication. p. 225–254.