

MIRELA ASSUNÇÃO SIMÕES

ESTUDO DE CULTIVO E DE BIOMOLÉCULAS DA MACROALGA
***Gracilaria birdiae* (RHODOPHYTA, GRACILARIALES)**

Recife
2009

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE PESCA E AQUICULTURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E AQUICULTURA

ESTUDO DE CULTIVO E DE BIOMOLÉCULAS DA MACROALGA
***Gracilaria birdiae* (RHODOPHYTA, GRACILARIALES)**

Mirela Assunção Simões

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como pré requisito para obtenção do grau mestre em Recursos Pesqueiros e Aquicultura.

Orientador: Dr. Ranilson de Souza Bezerra
Co-orientador: Dárlcio Inácio Alves Teixeira

Recife, PE
Agosto, 2009

Ficha catalográfica

S593e Simões, Mirela Assunção
Estudo de cultivo e de biomoléculas da macroalga
Gracilaria birdiae (Rhodophyta, Gracilariales) / Mirela
Assunção Simões. – 2009.
54f : il.

Orientador: Ranilson de Souza Bezerra
Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e
Aqüicultura) – Universidade Federal Rural de Pernambuco.
Departamento de Pesca e Aqüicultura.
Inclui referência e anexo.

CDD 639

1. Alga
2. Crescimento
3. Ágar
4. Reologia
5. Bromatologia
 - I. Bezerra, Ranilson de Souza
 - II. Título

Mirela Assunção Simões

Esta dissertação foi julgada para a obtenção do título de

Mestre em Recursos Pesqueiros e Aqüicultura

E aprovada em ____/____/____ pelo Programa de Pós Graduação em Recursos Pesqueiros e Aqüicultura em sua forma final.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ranilson de Souza Bezerra
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Dárlcio Inácio Alves Teixeira-Membro externo
Centro de Ciências Biológicas
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Alfredo Olivera Gálvez-Membro interno
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profa. Dra. Karina Ribeiro-Membro externo
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Roberta Borda Soares-Membro interno
Universidade Federal de Pernambuco

Dedicatória

*“In Memória” à **Robson Liberal da Silva**,
por ter sido um grande lutador e ter
proporcionado amor e a importância de
ajudar as pessoas através do objeto de
trabalho.*

Muitas saudades!

Equipe LABENZ e PROALGAS

Agradecimentos

Este trabalho, não teria sido realizado se não fosse a ajuda de muitas pessoas, instituições e empresas, cujo conhecimento, incentivos, apoios e financiamentos foram de extrema importância:

A Universidade Federal Rural de Pernambuco na pessoa do Prof. Dr. Paulo Travassos, coordenador do Programa de Pós Graduação em Recursos Pesqueiros e Aqüicultura, vinculado ao Departamento de Pesca e Aqüicultura (DEPAq);

À Robson Liberal da Silva, por ter realizado um sonho de ajudar as pessoas e dessa forma tido tornado realidade o cultivo de algas marinhas no litoral norte de Pernambuco;

Ao Programa Petrobras Ambiental, por ter financiado o projeto de algas marinhas no litoral Norte de Pernambuco;

À Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e Departamento de Bioquímica da UFPE, pela realização dos experimentos em laboratório;

Ao Laboratório de Limnologia do Departamento de Pesca e aqüicultura da UFRPE, em especial Tereza por realizado as análises dos nutrientes da água;

Ao Prof. Dr. Ranilson de Souza Bezerra, o qual se dispôs a me aceitar como orientanda , com toda paciência, estando presente em todas as etapas desta dissertação;

Ao Prof. Dr. Dárlcio Teixeira, o qual se dispôs a me aceitar como co-orientanda, com toda paciência, estando presente em várias etapas de campo e laboratório desta dissertação;

Ao grande amigo e companheiro de trabalho Felipe Cezar, pelos momentos de amizade e profissionais deste projeto;

Aos companheiros de pesquisa do Laboratório de Enzimologia (LABENZ): Suzan Diniz, Amanda Guedes, Anderson, Caio Rodrigo, Tiago Cahú, Marina Marcuschi, Renata França, Gilmar César, Karina Ribeiro, Patrícia Castro, Werlayne Santana, Janilson Felix, Fábio

Marcel, Helane Costa e Augusto Freitas, por todos os momentos de ajuda, de amizade e descontração;

As minhas amigas Renata, Ana Paula Leite, Carolina Martins e Danielli Matias, pela amizade e ajuda fundamental dessa dissertação;

Ao Engenheiro de Pesca Bruno Rocha, pela ajuda na escrita pelos momentos de calma;

Ao Engenheiro de Pesca Bernardo, por ter me ajudado em campo nessa dissertação;

A Alexandre (presidente do Instituto Oceanário), pela confiança e a grande amizade em qualquer momento.

A comunidade de pescadores da praia de Pau Amarelo e Itamaracá que participaram do PROALGAS em especial ao Elminton (Gago) e Sérgio, pela grande ajuda em manter o cultivo de algas e por ter acreditado e confiado no projeto;

Ao meu querido irmão Cândido Assunção, que fez toda arte-designer dessa dissertação e do PROALGAS e

À minha família maravilhosa; Eloisa Assunção (mãe), Candido Simões (pai), Milena Assunção (irmã), Helena Assunção (avó), Célio Muniz (padrasto) por ter acreditado em minha capacidade de estudo e minha secretária Graça pela confiança e dedicação com minhas filhotas Maria Joana (4) e Maria Júlia (3) me deixando dessa forma mais tranqüila para realização desse estudo.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

LISTA DE	
FIGURAS.....	VIII
LISTA DE TABELAS.....	X
RESUMO.....	XI
ABSTRACT.....	XII
1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1 Cultivo de macroalgas marinhas.....	18
2.2 Aplicações e benefícios do uso das macroalgas marinhas.....	19
2.3 Propriedades reológicas do ágar.....	20
3. REFERÊNCIAS BIBLIORÁFCAS.....	22
4. ARTIGO CIENTÍFICO.....	27
RESUMO	28
ABSTRACT	29
ITRODUÇÃO	30
MATERIAL E MÉTODO.....	31
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
CONCLUSÕES.....	44
LITERATURA CITADA.....	44
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	47
6. ANEXOS	48
6.1. Norma da Revista BCA	40

LISTA DE FIGURAS

Disertação

Figura 1. Praia de Pau Amarelo no município de Paulista do litoral de Pernambuco; (A) localização; (B) local de cultivo da macroalga *G. birdiae* e (C) localização dos bancos naturais de algas.....17

Figura 2. Esquema ilustrativo da implantação da estrutura de cultivo (tipo long line) utilizada no cultivo de algas marinhas na praia de Pau Amarelo.....18

Figura 3. Estruturas de cultivo de *G. birdiae* do tipo long-line na praia de Pau Amarelo-PE..18

Figura 4. Integrantes do projeto de cultivo de algas - PROALGAS implantando as mudas da *G. birdiae* nas estruturas de cultivo.....18

Figura 5. Estrutura de cultivo de *G. birdiae* com tempo de cultivo de 7 dias.....18

Figura 6. Estrutura de cultivo de *G. birdiae* com tempo de cultivo de 60 dias.....18

Artigo

Figura 1. Praia de Pau Amarelo no município de Paulista do litoral de Pernambuco; (A) localização; (B) local de cultivo da macroalga *G. birdiae* e (C) localização dos bancos naturais de algas.....23

Figura 2. Esquema ilustrativo da implantação da estrutura de cultivo (tipo long line) utilizada no cultivo de algas marinhas na praia de Pau Amarelo..... 34

Figura 3. Radiação (A.) e precipitação (B.) durante os dias de cultivo da <i>G. birdiae</i> na praia de Pau Amarelo.....	39
Figura 4. Variação da biomassa nos períodos seco e chuvoso: (A.) biomassa total, (B.) biomassa média quinzenal.....	41
Figura 5. Interseções da TCR (%dia ⁻¹) e biomassa de <i>G. birdiae</i> do cultivo experimental na praia de Pau Amarelo-PE, nos períodos seco e chuvoso.....	42
Figura 6. Variação da viscosidade com a concentração de ágar em dois solventes diferentes.	44
Figura 7. Efeito da temperatura na viscosidade em H ₂ O e KCl para uma solução 2% a 1Hz.	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Variação, média, e desvio padrão dos parâmetros abióticos ambientais registrados no cultivo durante o período chuvoso e seco na praia de Pau Amarelo-PE.....39

Tabela 2. Percentual bromatológico de macroalgas vermelhas obtidas por vários autores referentes aos meses do período seco e chuvoso..... 43

Tabela 3. Análises microbiológicas realizada em amostra de *G. birdiae* cultivada na praia de Pau Amarelo.....44

RESUMO

A macroalga *Gracilaria* é o gênero mais bem representado de algas vermelhas, com mais de 100 espécies reconhecidas e, além disso, se distribuem na maior parte dos mares tropicais e temperados do mundo. Desta forma, esse gênero destaca-se por ser a principal fonte mundial de ágar. O ágar é uma substância que pode ser extraído da parede celular de macroalgas desse gênero. Sua principal característica é a capacidade de formar um gel conhecido genericamente como ficocolóide. Este composto ao ser purificado pode ser utilizado em uma grande diversidade de produtos industriais, como no ramo alimentício, medicinal, cosmético, químico, farmacêutico, têxtil, dentre outras. O estudo teve como objetivo determinar o crescimento e a qualidade da macroalga *Gracilaria birdiae* cultivada na praia de Pau Amarelo em Pernambuco-Brasil durante o período seco e chuvoso, bem como a qualidade do ficocolóide ágar. O experimento foi dividido em 2 partes: uma realizada em campo (cultivo da macroalga) e a outra em laboratório (análise da qualidade da macroalga; extração de carotenóides e avaliação da qualidade do ágar). Ao comparar a biomassa total produzida nos períodos seco e chuvoso, valores superiores ($p < 0,01$) foram observados para a estação seca (41,32 kg) em relação a chuvosa (13,36 kg). As taxas de crescimento relativo máximo obtido no final do cultivo no período seco foi de $7,52 \text{ \%dia}^{-1}$ e mínimo de $0,32 \text{ \%dia}^{-1}$, no período chuvoso de $5,33$ e $-2,64 \text{ \%dia}^{-1}$. Os parâmetros bromatológicos (g/100g) avaliados para os períodos seco e chuvoso respectivamente foram: umidade e substâncias voláteis (88,37 e 89,06%), proteínas (14,78 e 21,48%), cinzas (41,78 e 40,85%), lipídeos (5,33% e 4,20%), carboidratos (38,09% e 33,45%) e carotenóides totais (5,86 e 6,93 mg/mL). Os resultados demonstram que a macroalga apresenta grande desempenho para o cultivo em torno de 30 dias na região referida, boa qualidade bromatológica da macroalga e boa qualidade de dureza do ágar, dessa forma, podendo ser comercializada e utilizada para consumo humano.

Palavras-chaves: alga, crescimento, ágar, reologia, bromatologia

ABSTRACT

Gracilaria is the best represented genus of red algae, with more than 100 recognized species and is distributed in most tropical and temperate seas of the world. Thus, this genus is distinguished for being the world's leading source of agar. Agar is a substance which can be extracted from the cell wall of some red algae species. Its main feature is the ability to form a gel known generically as phycocolloids. This compound can be purified to be used in a wide variety of industrial products, such as food, medicines, cosmetics, chemicals, textile, among others. The present study aimed to determine the growth of the macroalgae *Gracilaria birdiae* cultivated in Pau Amarelo, Pernambuco, Brazil and the quality of its phycocolloids (agar). The experiment was divided into two parts: one conducted in field (cultivation of seaweed) and the other in laboratory (quality analysis of the macroalgae; carotenoids extraction and quality assessment of the agar). By comparing the total biomass produced during the dry and rainy seasons, higher values ($p < 0.01$) were observed for the dry season (41.32 kg) in relation to the rainy season (13.36 kg). The maximum relative growth rates obtained at the end of cultivation in the dry period was $7.52\% \text{ day}^{-1}$ and the minimum was $0.32\% \text{ day}^{-1}$. In the rainy season the same measurements were 5.33 and $-2.64\% \text{ day}^{-1}$. The bromatological parameters (g/100g) evaluated for the dry and rainy seasons were respectively moisture content and volatile substances (88.37 and 89.06%), proteins (14.78 and 21.48%), ash (41.78 and 40.85%), lipids (5.33% and 4.20%), carbohydrates (38.09% to 33.45%) and carotenoids (5.86 and 6.93 mg / mL). The results show the high performance of 30-day cultivation in this region in addition to the high bromatological properties and good quality of hardness of the agar from these macroalgae, which can be marketed and used for human consumption.

Keywords: algae, growth, agar, rheology, bromatology

1. INTRODUÇÃO

As algas podem ser divididas levando-se em conta a cor dos pigmentos fotossintéticos nelas encontrados. Entre estas divisões duas são representadas por algas procarióticas, compreendendo as divisões Cyanobactéria e Prochlorophyta. Já as algas eucarióticas são distribuídas em várias divisões, destacando-se as Divisões Rhodophyta (algas vermelhas), Phaeophyta (algas marrons ou pardas), Chlorophyta (algas verdes) e Euglenophyta (Raven et al., 1996; South & Whittick, 1987; Van Den Hoek et al., 1989; Wyne, 2005).

De um modo geral, as macroalgas marinhas apresentam grande diversidade referente ao seu modo de vida. A maioria vive fixa a substrato sólido, sobretudo rochas ou corais mortos, embora algumas espécies apresentem adaptações para crescerem sobre o substrato não consolidado como fundos areno-lodosos (Oliveira, 2002). As macroalgas da Divisão Rhodophyta, apresentam em especial, maior riqueza de táxons de valor econômico, principalmente os gêneros *Digenia*, *Gracilaria*, *Gelidiella*, *Gelidium*, *Hypnea* e *Pterocladia* (Marinho-Soriano, 1999). Segundo Bellorin (2002) a macroalga *Gracilaria* é o gênero mais bem representado de algas vermelhas, com mais de 100 espécies reconhecidas e, além disso, se distribuem na maior parte dos mares tropicais e temperados do mundo (Oliveira e Plastino, 1994). Desta forma, esse gênero destaca-se por ser a principal fonte mundial de ágar (Oliveira e Aveal, 1990; Oliveira et al., 2000).

O ágar é uma substância que pode ser extraído da parede celular de macroalgas desse gênero. Sua principal característica é a capacidade de formar um gel conhecido genericamente como ficolóide. Este composto ao ser purificado pode ser utilizado em uma grande diversidade de produtos industriais, como no ramo alimentício, medicinal, cosmético, químico, farmacêutico, têxtil, dentre outras (Lépez et al., 2004).

Desde a antiguidade, as algas marinhas são exploradas como fonte de alimento por várias civilizações, principalmente as orientais, como no Japão, China e Coreia, onde até hoje integram o cardápio cotidiano desses povos (McHugh, 2003). As propriedades nutricionais das algas marinhas não são tão bem conhecidas como aquelas das plantas superiores, porém vários estudos têm demonstrado que apesar de deficientes em lipídeos, são ricas em proteínas, polissacarídeos, minerais e vitaminas (Darcy-Vrillon, 1993; Mabeau e Fleurence, 1993; Dawczynski et al., 2007).

A biomassa algal para uso industrial pode ser proveniente de bancos naturais (extrativismo) ou de cultivo. Entretanto, a sustentabilidade da indústria de macroalgas reside nos cultivos, uma vez que os bancos naturais não são suficientes para atender a crescente demanda que vem sendo intensificada nas últimas décadas, principalmente na produção de ficocolóides e para o uso na alimentação (Critchley, 1997; Oliveira et al., 2000). A produção mundial de algas atingiu 15,1 milhões de toneladas no ano de 2006 que correspondeu a 7.200 milhões de dólares. O cultivo de algas tem crescido de maneira constante a um ritmo médio anual de 8% desde 1970, com isso já representa 93% da produção total mundial de algas. A China destaca-se como maior produtor de algas, sendo responsável por cerca de 72% da produção mundial (10,9 milhões de toneladas) seguem como importantes produtores as Filipinas (1,5 milhões de toneladas), a Indonésia (0,91 milhões de toneladas), a República da Coreia (0,77 milhões de toneladas) e o Japão (0,49 milhões de toneladas). Apesar do Japão ser o quinto maior produtor de algas em relação ao volume produzido ele é o segundo em receita gerada pela produção de algas, devido ao alto valor comercial da nori (*Porphyra tenera*), principal espécie cultivada neste país. (FAO, 2008). Dessa forma, a opção de cultivo torna-se a alternativa mais interessante, pois diminui a pressão sobre os estoques naturais além de ser um potencial para o desenvolvimento das regiões costeiras (Marinho-Soriano, 2005).

No Brasil, vários estudos experimentais foram desenvolvidos (Lima et al., 1981; Câmara-Neto, 1987; Oliveira, 1997; Marinho-Soriano et al., 2002; Marinho-Soriano, 2005; Marinho-Soriano et al., 2006). No entanto, apesar dos resultados positivos obtidos, ainda não foi possível implantar o cultivo de macroalgas em escala comercial. Na região Nordeste, projetos experimentais vêm sendo desenvolvido com o objetivo do uso racional desse recurso marinho, visando principalmente a sustentabilidade da atividade extrativista pela sustentável (maricultura), em comunidades litorâneas, primeiramente nos estados Rio Grande do Norte, Ceará, Paraíba (Carvalho Filho 2004; Miranda et al. 2004, Teixeira et al., 2004). Mais projeto vem sendo desenvolvido em Pernambuco no município da praia de Pau Amarelo, entre os anos de 2007 a 2009 através do projeto PROALGAS patrocinado pelo Programa Petrobras Ambiental (Figuras 1 a 6).

A praia de Pau Amarelo apresenta condições hidrobiológicas e climáticas favoráveis para o desenvolvimento da algocultura, além da presença de bancos naturais de *G. birdiae* (Figura 1). Outra característica dessa região é a presença de comunidades pesqueiras artesanais, que usualmente exploram os recursos naturais tradicionais da

pesca do nordeste, recursos esses, que se encontram em estado de depleção. O cultivo de algas poderá servir como uma forte alternativa de geração de renda para essas comunidades litoraneas, além de contribuir com a restauração dos bancos naturais.

Uma atividade para ser considerada sustentável tem que possuir sustentabilidade econômica, social e ecológica. Sendo assim, o estudo do cultivo da macroalga *G. birdiae* em regiões potenciais, envolvendo comunidades litorâneas, bem como, a análise de seus produtos representa o principal passo para o desenvolvimento sustentável da maricultura. Neste contexto, surge a necessidade da realização de pesquisas nessa área, visto que informações sobre o cultivo de macroalgas marinhas no litoral de Pernambuco são ainda escassas.

O presente estudo teve como objetivo determinar o crescimento, produtividade, dados bromatológicos, bem como a extração e reologia do ficocolóide (ágar) e a quantificação dos carotenóides da macroalga *G. birdiae*, cultivada em região protegida por recifes na praia urbana de Pau Amarelo, município de Paulista, litoral Norte de Pernambuco-Brasil.



Figura 1. (A) Praia de Pau Amarelo no município de Paulista do litoral de Pernambuco; (B) local de cultivo da macroalga *G. birdiae*; (C) localização dos bancos naturais de algas.

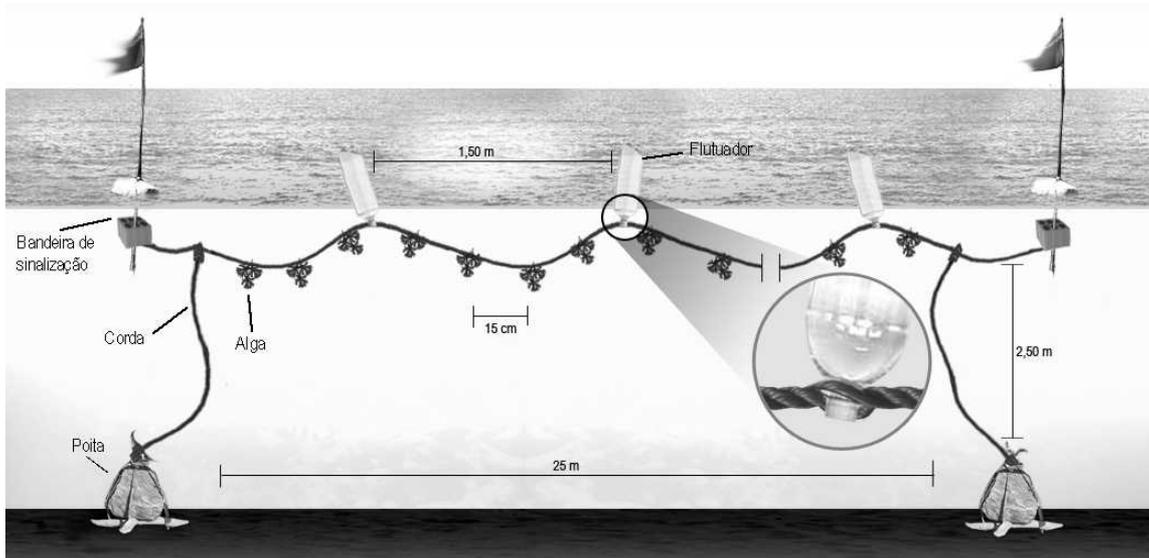


Figura 2. Esquema ilustrativo da implantação da estrutura de cultivo (tipo “long line”) utilizada no cultivo de algas marinhas na praia de Pau Amarelo.



Figura 3. Estruturas de cultivo de *G. birdiae* do tipo “long-line” na praia de Pau Amarelo-PE.



Figura 4. Integrantes do projeto de algas PROALGAS implantando as mudas da *G. birdiae* nas estruturas de cultivo.



Figura 5. Estrutura de cultivo de *G. birdiae* com tempo de cultivo de 7 dias.



Figura 6. Estrutura de cultivo de *G. birdiae* com tempo de cultivo de 60 dias.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cultivo de macroalgas marinhas

As macroalgas marinhas têm sido cultivadas há séculos nos países orientais, onde são amplamente utilizadas na alimentação, fazendo parte da culinária popular. Alimentos como “nori”, “kombu”, “wakame”, são amplamente populares em países como no Japão, China e Coréia. Atualmente a utilização desses alimentos encontram-se em processo de incorporação nos hábitos alimentares do ocidente (Lépez et al., 2004).

A produção mundial de algas atingiu 15,1 milhões de toneladas no ano de 2006 que correspondeu a 7.200 milhões de dólares. O cultivo de algas tem crescido de maneira constante a um ritmo médio anual de 8% desde 1970, com isso já representa 93% da produção total mundial de algas. A China destaca-se como maior produtor de algas, sendo responsável por cerca de 72% da produção mundial (10,9 milhões de toneladas) seguem como importantes produtores as Filipinas (1,5 milhões de toneladas), a Indonésia (0,91 milhões de toneladas), a República da Coréia (0,77 milhões de toneladas) e o Japão (0,49 milhões de toneladas). Apesar do Japão ser o quinto maior produtor de algas em relação ao volume produzido ele é o segundo em receita gerada pela produção de algas, devido ao alto valor comercial da nori (*Porphyra tenera*), principal espécie cultivada neste país. (FAO, 2008).

No nordeste do Brasil, tradicionalmente a coleta predatória de algas nativas existe desde a década de 70. Nos últimos dez anos, iniciativas a partir de projetos de pesquisa e extensão têm tentado desenvolver o cultivo de macroalgas, obtendo êxito em alguns experimentos com a espécie *Gracilaria birdiae* nessa região. (Teixeira et al. 2000; Teixeira, 2004).

De acordo com MASI-H-NETO (2006), um sistema semi-intensivo para cultivo de algas, sendo utilizadas densidades de 48 long-lines por hectare, ocupando uma área de 1 ha de lâmina d'água e pode ser classificado como um empreendimento de pequeno porte com produtividade estimada em cerca de 3 t/ciclo, sendo 6 ciclos/ano com produção de mais de 18 toneladas/ano resultando em uma receita estimada em R\$ 72.000,00./ano.

No litoral do Ceará o cultivo do gênero *Gracilaria* vem sendo realizado em parceria com uma comunidade pesqueira, mostrando altas taxas de crescimento e boas perspectivas para expansão (Teixeira et al., 2002). 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 balsas) dispostas paralelas umas as outras; e em gaiolas quadradas com 50 cm de lado. Contudo, a expansão da atividade em âmbito nacional requer uma avaliação mais ampla dentro de um panorama de desenvolvimento sustentável através de estudos que delimitem as áreas e sistemas adequados de cultivo (Masih-Neto, 2006).

2.2 Aplicações e benefícios do uso das macroalgas marinhas

Do ponto de vista econômico as algas são utilizadas como alimentos para o homem e animais. O interesse nutricional está baseado em seu reduzido valor calórico e elevado teor de vitaminas, minerais e fibras dietárias (Ito & Hori, 1989). A macroalga *Gracilaria birdiae* é uma das principais espécies brasileiras que serve como fonte de carboidrato de origem algal, além de fornecer produtos imprescindíveis para a vida do homem moderno (Maciel et al., 2007). Dessa forma essa espécie é considerada uma importante fonte de matéria-prima na produção do ágar (Oliveira & Azeal, 1990; Oliveira et al., 2000).

O ágar é um polissacarídeo extraído principalmente das famílias Gelidiaceae e Gracilariaceae pertencentes a Rhodophyta,. Sua principal característica é a capacidade de formar um gel consistente à temperatura ambiente, em pequenas concentrações em água (Valiente et al., 1992). Este composto é amplamente empregado em vários ramos da indústria: na indústria alimentícia (fabricação de gelatinas, queijo, enlatados, doces e outros); farmacêutica (laxativo, emulsificante e estabilizante para medicamentos); e pesquisa laboratorial (meio de cultura para plantas e microorganismos diversos, e como meio de inclusão para cortes histológicos). Possui também várias outras aplicações, como na fabricação de moldes dentários, produtos cosméticos e papel (Bezerra, 2008).

O crescente mercado do ágar tem como consequência principal o aumento da demanda da matéria prima para sua produção. Sendo assim, vem se observando uma crescente exploração dos estoques naturais de *Gracilaria*, gerando escassez e contribuindo para a diminuição desses estoques (Marinho-Soriano, 2005)

Segundo Teixeira & Costa, (2008), os bancos naturais de algas representam junto com os manguezais o berçário da biodiversidade marinha e são fundamentais para a atividade pesqueira. OLIVEIRA & MIRANDA (1998) indicou que em alguns bancos do litoral nordestino havia sinais claros de sobre exploração, causado pelo manejo inadequado. Nesse sentido, o cultivo de algas pode ser uma alternativa interessante para

diminuir a pressão sobre os estoques naturais além de ser um potencial para o desenvolvimento das regiões costeiras (Marinho-Soriano, 2005).

A espécie é amplamente coletada nos bancos naturais da costa nordeste para extração do ágar (Plastino & Oliveira, 2002) e nos estados do Ceará e Rio Grande do Norte, vem sendo cultivada em escala piloto nos módulos flutuantes de estruturas do tipo long line (Carvalho Filho, 2004), por estar em fase experimental, a sua produção ainda é pequena nessas regiões.

2,3 Propriedades reológicas do Agar

A reologia é a ciência que descreve as propriedades mecânicas dos vários materiais, sob várias condições de deformação, quando eles exibem a capacidade de escoar e/ou acumular deformações reversíveis (Navarro, 1997). Envolve a elasticidade, a viscosidade e a plasticidade. Os materiais, segundo Schramm (2006), podem ser de duas formas: sólidos ideais, nos quais se deformam elasticamente, nesse caso a energia requerida para a deformação é completamente recuperada quando a tensão é removida; ou fluidos ideais, no caso de líquidos e gases onde deformam-se irreversivelmente e fluem, dessa forma a energia requerida para a deformação é dissipada sob forma de calor e não pode ser recuperada pela remoção da tensão.

As medidas reológicas possibilitam a caracterização de polissacarídeos em soluções e géis, permitindo o fornecimento de dados importantes para o desenvolvimento dos processos tecnológicos, controle de qualidade das matérias-primas e produtos padronizados e para a determinação de dados na pesquisa e desenvolvimento de um material específico (Endress et al., 1996).

Os corpos reais não são nem sólidos ideais e nem fluidos ideais. A grande maioria dos líquidos apresenta um comportamento reológico que os classifica entre sólido e líquido: são elásticos e viscosos, portanto, chamados de viscoelásticos (Schramm, 2006).

A viscosidade é a grandeza que mede o atrito entre camadas consecutivas de líquido, ou seja, a resistência de um fluido a qualquer mudança do seu volume, sendo também função do cisalhamento, que é a força necessária para causar o movimento das camadas, e ocorre quando o fluido se move fisicamente ou é distribuído. Assim, fluidos viscosos necessitam de mais força para se mover que aqueles menos viscosos (Berriaud, Milas e Rinaudo, 1994). Medidas de viscosidade de soluções poliméricas, além do

interesse prático, fornecem informações importantes na caracterização molecular de polímeros.

A viscosidade destas soluções depende de alguns parâmetros: natureza físico-química de uma substância; temperatura; pressão; taxa de cisalhamento; tempo; e de uma série de fatores, tais como tamanho e conformação da molécula, massa molecular, concentração em polímero e flexibilidade da cadeia.

A tensão de cisalhamento é a força aplicada tangencialmente em uma área, sendo a interface entre a placa superior e o líquido abaixo, gerando um fluxo na camada líquida (Schramm, 2006), cuja velocidade máxima se encontra na camada superior e diminui atravessando o material. No fluxo laminar, uma camada infinitamente fina de líquido desliza sobre a outra e o gradiente de velocidade é denominado taxa de cisalhamento.

A investigação do comportamento viscoelástico em testes reológicos requer a aplicação de uma força sobre o material sob investigação e a medição de sua deformação, ou, equivalentemente, a aplicação de uma deformação e a medida da sua resistência. Em análises em sistemas viscoelásticos lineares, uma tensão oscilatória é aplicada à amostra e a resistência à deformação é medida. Deformações ideais esperadas devem ser inferiores a 10% (Naé, 1993).

O módulo de armazenamento, G' , também denominado módulo de cisalhamento elástico, é a razão entre a tensão aplicada e a deformação provocada em fase; indica que a energia de tensão é armazenada temporariamente durante o teste e pode ser recuperada mais tarde (Schramm, 2006). O módulo de perda (G''), também denominado módulo de cisalhamento viscoso, é a razão entre a tensão aplicada e a deformação provocada fora de fase; faz alusão ao fato de que a energia usada para iniciar o fluxo é irreversivelmente dissipada ou perdida, sendo transformada em calor de cisalhamento (Schramm, 2006). O módulo de cisalhamento complexo (G^*), por sua vez, pode definir uma viscosidade dinâmica complexa η^* , considerada análoga da viscosidade absoluta η , sendo a razão entre G^* e a frequência (f). A frequência, expressa em Hz, pode ser considerada como análoga da taxa de cisalhamento (Schramm, 2006).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELLORIN, A. M. Sistemática e Filogenia Molecular de Algas Gracilarióides (Gracilariaceae, Rhodophyta). São Paulo, 2002, 150p. **Tese** (Doutorado) - Universidade de São Paulo.

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

BEZERRA, A. F. Estudo experimental para mericultura de *Gracilaria birdiae* (Rhodophyta) no litoral do Rio Grande do Norte. Natal, 2008, **Disertação** (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

CÂMARA-NETO, C. (1987). Seaweed culture in Rio Grande do Norte, Brazil. **Hydrobiologia**, v.151/152, 363-367.

CARVALHO FILHO, J. 2004. Algas uma alternativa para as comunidades costeiras? **Panorama da Aqüicultura** 14 (84): 53-56.

CRITCHLEY, A. T. **Introduction: Seaweed Resources**. In: Ohno, M. & Critchley, A. T. (eds). Seaweed cultivation and marine ranching. 2nd ed. Japan International Cooperation Agency. Yokosuka, Japan. 1997. 1-6p.

DARCY-VRILLON, B. (1993). Nutritional aspects of the developing use of marine macroalgae for the human food industry. **International Journal of Food Science and Nutrition**, 44,23-35.

DAWCZYNSKI, C., SCHUBERT, R. & JAHREIS, G. (2007). Amino acids, fatty acids, and dietary fibre in edible seaweed products. **Food Chemistry**, 103, 891-899.

ENDRESS, H. U.; DÖSCHL-VOLLE, C.; DENGLER, K. **Rheological Methods to Characterize Pectins in Solutions and Gels**. In: VISSER, J.; VORAGEN, A. G. J.(Eds.), *Progress in Biotechnology: Pectins and Pectinases*. Amsterdam: Elsevier, 1996, v. 14, p. 407-423.

FAO (2008) **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. The State of World Fisheries and Aquaculture. Atlas. 5ª publicação. El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura, 2008. p. 23.

ITO, K., & HORI, K. (1989). Seaweed: Chemical composition and potential foods uses. **Food Reviews International**, 5, 10 -144.

LÉPEZ, I.; WERLINGER, CAMILO; KLEMPAU, A.; SOBARZO, G. **Acuicultura: cultivo y producción de organismos acuáticos**. Werlinger, C. (ed.). *Biología Marina y Oceanografía: Conceptos y Processos*. Concepción,. Universidad de Concepción. Trama Impressores S.A., Chile. Tomo II, 2004. p. 559-585.

LIMA, A. M.; CÂMARA-NETO, C.; OLIVEIRA, E. C. & ARAÚJO, R. A., 1981. Cultivo experimental de *Hypnea musciformis* e *Gracilaria sp.* Em áreas protegidas por antigas linhas de costa (recifes) no litoral do Rio Grande do Norte. In: **Projeto Algas**. Estado do Rio Grande do Norte. Série: Brasil. SUDENE. Estudos de pesca 9: 97-107.

MABEAU, S. J., & FLEURENCE, J. (1993). Seaweed in food products: biochemical and nutritional aspects. **Trends in Food Science & Technology**, 4, 103-107.

MACIEL, J. S.; CHAVES, L. S.; SOUZA, B. W. S.; TEIXEIRA, D. I. A.; FREITAS, A. L. P.; FEITOSA, J. P. E PAULA, R. C. M. **Structural characterization of cold extracted fraction of soluble Sulfated polysaccharide from red seaweed *Gracilaria birdiae***, *Carbohydrate Polymers* ,2007, doi: 10.1016/j.carbpol.06.026.

MARINHO-SORIANO, E. (1999). Species composition of seaweeds in Buzios beach, Rio Grande do Norte, Brasil. **Seaweed Res. Utiln.**, v. 21, p. 9-13.

MARINHO-SORIANO, E.; CARNEIRO, C. & MOREIRA, W. S. C. (2002). Cultivation of *Gracilaria* (Rhodophyta) in Shrimp pond effluents in Brazil. **Aquac. Res.** v. 33, p. 1081-1086.

MARINHO-SORIANO, E. **Cultivo Experimental de *Gracilaria* no Rio Grande do Norte. Salvador.** p. 115-124, 2005.

MARINHO-SORIANO, E.; MOREIRA, W. S. C.; CARNEIRO, M. A. A. (2006). Some aspects of the growth of *G. Birdiae* (Gracilariales, Rhodophyta) in an estuary in Northeast Brazil. **Aquaculture Internacional.** v. 14 (4), p. 327-336.

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

MCHUGH, D. J. 2003. **A guide to seaweed industry.** FAO Fisheries Technical paper nº 441. Rome, 105 p.

MIRANDA, G. E. C.; BEZERRA, C. A. B. & TEIXEIRA, D. I. A. 2004. **Cultivo de algas marinhas.** Noções básicas. Brasília, Ed. Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Abastecimento - FAO.

NAÉ, H. N. **Introduction of rheology.** In: LABA, D. (Ed.) Rheological properties of cosmetics and toiletries. New York: Marcel Dekker, 1993. p. 9.

NAVARRO, R.F.; **Fundamentos de reologia de polímeros.** Caxias do Sul, 1997, p. 9-11, 141-144.

OLIVEIRA, E. C. & AVEAL, K. **The mariculture of *Gracilaria* (Rhodophyta) for the production of agar.** In: AKATSUKA, I. (ed), Introduction to Applied Phycology. SBP Academic Publishing, The Hague, 1990. p. 553-564.

OLIVEIRA, E. C. & PLASTINO, E. M. **Gracilariaceae.** In: AKATSUKA, I. (ed). Biology of economic seaweeds. SPB Academic Publishing. Netherlands. 1994. p.185-226.

OLIVEIRA, E.C. Algas marinhas: Um recurso pouco explorável pelo Brasil. **Panorama da Aqüicultura**, v. 7, p. 24-26, 1997.

OLIVEIRA, E. C. & MIRANDA, G. E. C. Aspectos sociais e econômicos da exploração de algas marinhas no Brasil. In: IV Congresso Latino-Americano, II Reunião Ibero-Americana, VII Reunião Brasileira de Ficologia, 1998, Caxambu, MG-Brasil. **Anais**, 1998. v. II, p. 149-156.

OLIVEIRA, E. C.; ALVEAL, K. & ANDERSON, R. (2000). Mariculture of the agarproducing Gracilarioid red algae. **Reviews in Fisheries Science** 8(4): 345-378.

OLIVEIRA, C. E. 2002. Macroalgas Marinhas da Costa Brasileira-Estado do Conhecimento, Usos e Conservação Biológica. **Congresso Brasileiro de Botânica**. Recife.

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. **Phycology**, Lawrence, v. 41, p. 389-396.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. p. 248-259.

SCRHAMM, G.; Reologia e Reometria. Fundamentos Teóricos e Práticos. São Paulo: Artliber, 2006.

SOUTH, G. R.; WHITTICK, A. **Introduction to Phycology**. Oxford: Blackwell Scientific, 1987. 341 p.

TEIXEIRA, D. I. A.; BEZERRA, C. A.B.; MASI NETO, T. Cultivo Experimental da Alga Marinha *Gracilaria cornea* nas praias de Flecheiras e Guajiru-Ceará-Brasil Visando Recuperação de Estoques Naturais. **Anais do Congresso Brasileiro de Meio Ambiente**, 2000.

TEIXEIRA, D. I. A.; BEZERRA, C. A. B.; CHAVES, R. V. O.; MASCH NETO, T & SOUSA, B. W. S 2002. Cultivo da alga marinha *Gracilaria sp.* nas praias de Flecheiras e Guajiru-Ceará-Brasil. In: **IX Reunião Brasileira de Ficologia**, Santa Cruz, Aracruz, Espírito Santo. Sociedade Brasileira de Ficologia e Fundação Ecossistemas do Espírito Santo. 2002, p. 95.

TEIXEIRA, D.I.A. & MASI NETO, T. Cultivo de *Gracilaria* em Flecheiras e Guajiru. **Anais da X Reunião da Sociedade Brasileira de Ficologia**. Salvador, 2004.

TEIXEIRA, D. I. A.; COSTA, R. F. Avaliação do crescimento de *Gracilaria birdiae* através de cultivo em mar aberto: replantando “vidas” em Icapuí-ce. In: **XII Congresso Brasileiro de Ficologia**, 05-10, 2008, Águas Claras. Anais, 2008. v. único, CD-ROM.

VALIENTE, O.; FERNANDEZ, C. E.; PERAZ, R. M.; MARQUINA, G. ;VELEZ, H. (1992). Ágar Polyssacharides from the red seaweeds *Gracilaria domingensis* Sonder ex Kutzing and *Gracilaria mammillaris* (Montagne) Howe. **Botanica Marina**, 35: 77- 81.

VAN DEN HOEK, C.; MANN, D. G.; JAHNS, H. M. **Algae An introduction to Phycology**. Cambridge: Cambridge University Press, 1989. p. 627.

WYNNE, M. J. **A checklist of benthic marine algae of the tropical and subtropical western Atlantic: second revision**. Berlin-Stuttgart: Nova Hedwigia, 2005. 152 p.

4. ARTIGO CIENTÍFICO

Parte dos resultados obtidos durante o trabalho experimental dessa dissertação é apresentada no artigo intitulado “**Estudo de cultivo e biomoléculas da macroalga *Gracilaria birdiae* no litoral de Pernambuco-Brasil**” (manuscrito) que será submetido à Revista Brasileira de Ciências Agrárias.

Estudo de cultivo e biomoléculas da macroalga *Gracilaria birdiae* no litoral de Pernambuco-Brasil

Mirela Assunção Simões⁽¹⁾, Suzan Diniz Santos⁽¹⁾, Regina Célia Monteiro de Paula⁽²⁾, Dárlcio Inácio Alves Teixeira⁽¹⁾ e Ranilson de Souza Bezerra^(1*)

¹ Laboratório de Enzimologia (LABENZ), Departamento de Bioquímica and Laboratório de Imunopatologia Keizo Asami (LIKA), Universidade Federal de Pernambuco, Cidade Universitária, Recife-PE, CEP 50670-420, Brasil; ²Departamento de Química Orgânica e Inorgânica da Universidade Federal do Ceará; *Autor para correspondência. Tel: +55 81 21268540, e-mail: ransoube@uol.com.br.

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo determinar o crescimento e a qualidade da macroalga *Gracilaria birdiae* cultivada na praia de Pau Amarelo-PE, bem como a qualidade de seu ficolóide (ágar). Os experimentos foram divididos em três etapas: (1) cultivo da macroalga (long line) realizada em campo; (2) análise da qualidade da macroalga; (3) extração e avaliação da qualidade do ágar, ambas desenvolvidas em laboratório. Ao comparar a biomassa total produzida nos períodos seco e chuvoso, valores superiores ($p < 0,01$) foram observados para a estação seca (41,32 kg) em relação a chuvosa (13,36 kg). As taxas de crescimento relativo (TCR) máximo obtido no final do cultivo de *G. birdiae* no período seco foi de $7,52 \text{ %dia}^{-1}$ e o mínimo foi de $0,32 \text{ %dia}^{-1}$ e no período chuvoso foram 5,33 e $-2,64 \text{ %dia}^{-1}$. Os parâmetros bromatológicos (g/100g) avaliados para os períodos seco e chuvoso respectivamente foram umidade e substâncias voláteis (88,37 e 89,06%), proteínas (14,78 e 21,48%), cinzas (41,78 e 40,85%), lipídeos (5,33% e 4,20%), carboidratos (38,09% e 33,45%). Estes resultados demonstram que a macroalga cultivada apresenta um grande desempenho para o cultivo em torno de 30 dias na região referida, boa qualidade bromatológica da macroalga e boa qualidade de dureza do ágar podendo ser comercializada e utilizada para consumo humano.

Palavras-chaves: alga, crescimento, ágar, reologia, bromatologia

ABSTRACT

The present study aimed to determine the growth of the macroalgae *Gracilaria birdiae* cultivated in Pau Amarelo, Pernambuco, Brazil and the quality of its phycocolloids (agar). The experiments were divided in three stages: (1) cultivation of seaweed (long line) in field; (2) analysis of the quality of seaweed and (3) extraction and assessment of the agar quality, both developed in laboratory. By comparing the total biomass produced during the dry and rainy seasons, higher values ($p < 0.01$) were observed for the dry season (41.32 kg) in relation to rainy season (13.36 kg). The maximum relative growth rates (RGR) obtained at the end of cultivation of *G. birdiae* in the dry period was $7.52\% \text{ day}^{-1}$ and the minimum was $0.32\% \text{ day}^{-1}$. During the rainy period the same measurements were 5.33 and $-2.64\% \text{ day}^{-1}$. The bromatological parameters (g/100g) evaluated for the dry and rainy seasons were respectively moisture content and volatile substances (88.37 and 89.06%), proteins (14.78 and 21.48%), ash (41.78 and 40.85%), lipids (5.33% and 4.20%), carbohydrates (38.09% to 33.45%). Such results show the high performance of 30-day cultivation in this region in addition to the high bromatological properties and good quality of hardness of the agar from these macroalgae, which can be marketed and used for human consumption.

Key words : algae, growth, agar, reology, bromatology

INTRODUÇÃO

A Divisão Rhodophyceae (algas vermelhas) apresenta em especial uma maior riqueza de táxons de valor econômico, principalmente os gêneros *Digenia*, *Gracilaria*, *Gelidiella*, *Gelidium*, *Hypnea* e *Pterocladella* (Marinho-Soriano, et al., 1999). Segundo Bellorin (2002) a *Gracilaria* é o gênero mais bem representado de algas vermelhas, com mais de 100 espécies reconhecidas, além disso, se distribuem na maior parte dos mares tropicais e temperados do mundo (Oliveira & Plastino, 1994). Desta forma, esse gênero destaca-se por ser a principal fonte de matéria-prima de ágar do planeta (Oliveira & Avel, 1990; Oliveira et al., 2000).

O ágar é uma substância que pode ser extraído da parede celular de macroalgas deste gênero. Sua principal característica é a capacidade de formar um gel conhecido como ficolóide. Esse composto quando purificado pode ser utilizado em grande diversidade de produtos industriais, como no ramo alimentício, medicinal, cosmético, química, farmacêutica, têxtil, dentre outras (Lépez et al., 2004).

A biomassa algal para os mais diversos usos pode ser provenientes de bancos naturais, com a coleta sendo realizada diretamente dos bancos ou nas praias, bem como de cultivo. A sustentabilidade da indústria de macroalgas reside em grande parte nos cultivos, uma vez que os bancos naturais não são suficientes para atender a crescente demanda que tem sido verificada nas últimas décadas, principalmente para produção de ficolóides e para o uso na alimentação (Critchley, 1997; Oliveira et al., 2000).

A produção mundial de algas atingiu 15,1 milhões de toneladas no ano de 2006 que correspondeu a 7.200 milhões de dólares. O cultivo de algas tem crescido de maneira constante a um ritmo médio anual de 8% desde 1970, com isso já representa 93% da produção total mundial de algas. A China destaca-se como maior produtor de algas, sendo responsável por cerca de 72% da produção mundial (10,9 milhões de toneladas) seguem como importantes produtores as Filipinas (1,5 milhões de toneladas), a Indonésia (0,91 milhões de toneladas), a República da Coreia (0,77 milhões de toneladas) e o Japão (0,49 milhões de toneladas). Apesar do Japão ser o quinto maior produtor de algas em relação ao volume produzido ele é o segundo em receita gerada pela produção de algas, devido ao alto valor comercial da nori (*Porphyra tenera*), principal espécie cultivada neste país. (FAO, 2008). Dessa forma, a opção de cultivo torna-se a alternativa mais interessante, pois diminui a pressão sobre os estoques naturais além de ser um potencial para o desenvolvimento das regiões costeiras (Marinho-Soriano, 2005).

No Brasil, vários estudos experimentais foram desenvolvidos (Lima et al., 1981; Câmara-Neto, 1987; Oliveira, 1997; Marinho-Soriano et al., 2002; Marinho-Soriano, 2005; Marinho-

Soriano et al., 2006). No entanto, apesar dos resultados positivos obtidos, ainda não foi possível implantar o cultivo de macroalgas em escala comercial. No nordeste do país, projetos pilotos vêm sendo orientados para o uso racional desse recurso marinho, substituindo a atividade extrativista pela sustentável (maricultura) em comunidades litorâneas, principalmente nos estados do Rio Grande do Norte, Ceará e Paraíba (Carvalho Filho, 2004; Miranda et al., 2004, Teixeira et al., 2004) e mais recentemente em Pernambuco na praia de Pau Amarelo entre o ano de 2007 a 2009 através do projeto PROALGAS patrocinado pelo Programa Petrobras Ambiental.

O presente estudo teve como objetivo determinar o crescimento, produtividade, dados bromatológicos, bem como a extração e reologia do ficocolóide (ágar) e a quantificação dos carotenóides da macroalga *G. birdiae*, cultivada em região protegida por recifes na praia urbana de Pau Amarelo, município de Paulista, litoral Norte de Pernambuco-Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

Cultivo da Macroalga

O cultivo da *G. birdiae* foi realizado na praia de Pau Amarelo, localizada no município de Paulista, estado de Pernambuco, próximo ao Forte de Pau Amarelo entre as coordenadas 07° 54' 51,6" S e 34° 49' 04,8" W, a uma distância de aproximadamente 170 m da linha de praia com profundidade batimétrica local de aproximadamente 1,50 m (Figura 1). O experimento foi dividido em duas fases: a primeira teve início em 01 de janeiro de 2009 e perdurou até 01 março de 2009 (período seco) e a segunda de 15 de maio a 28 de junho de 2009 (período chuvoso).

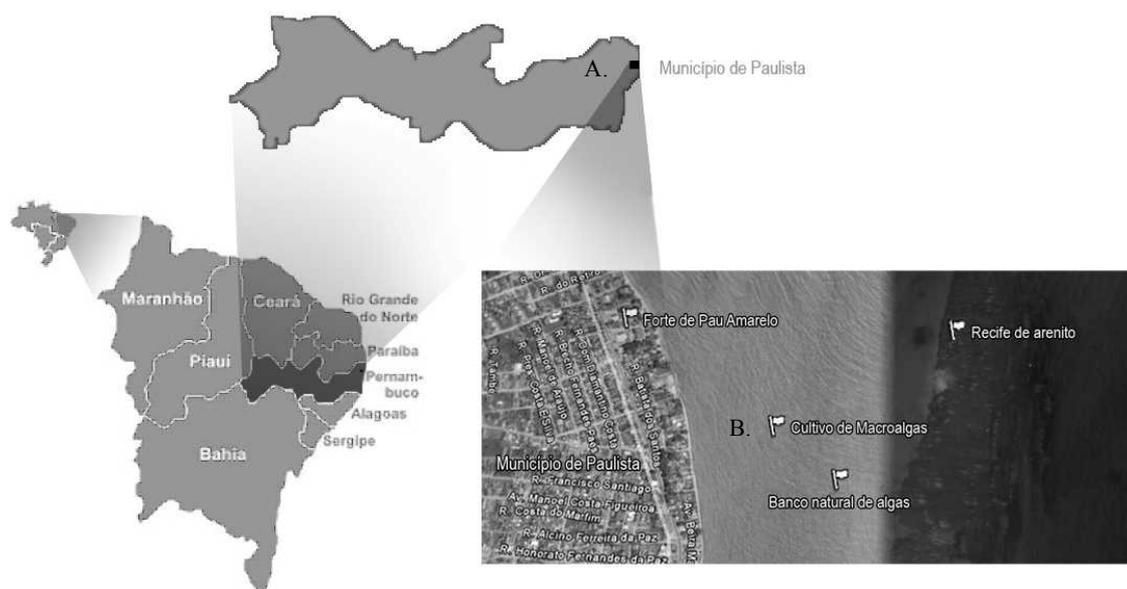


Figura 1. (A) Localização da praia de Pau Amarelo no município de Paulista do litoral de Pernambuco; (B) Cultivo da macroalga *G. birdiae* e localização dos banco naturais de algas.

Local de Coleta

As algas utilizadas no experimento de cultivo foram coletadas no banco natural da praia de Pau Amarelo (07° 54' 58,5" S e 34° 49' 10,4" W) localizado na região infralitoral, sob uma faixa de recife de arenito característico da região.

As algas foram coletadas manualmente em profundidades de 20 cm a 50 cm durante o período de baixa-mar (maré de sizígia). Para esse estudo foram selecionadas as frondes que apresentavam boa aparência fisiológica e que estavam sem estruturas reprodutivas evidentes.

Sistema de Cultivo

Nesse estudo, foram utilizadas seis estruturas de cultivo do tipo “long line”: três para o período seco e três para o chuvoso. Cada long line apresentava 30 m de comprimento cada uma, confeccionada com material reciclado: cordas recicladas de polietileno (12 mm); para a flutuação das estruturas utilizou-se garrafas pet's a cada 1,50 m em toda estrutura, deixando 2 m de corda sem flutuadores em cada extremidade da mesma; e a ancoragem foi obtida através de “garatêias artesanais” (poitas) confeccionadas com pedras e madeiras. A sinalização das estruturas foi feita através de bandeirolas artesanais, confeccionadas com bambu, retalho de tecido, pedaço de isopor reutilizado e tijolo para manter o equilíbrio (Figura 2). Mudanças de *G. birdiae* com peso médio de 80 g foram amarradas por fitilhos (cordão de poliamida) nas cordas à intervalos de 15 cm. A distribuição das estruturas de cultivo foram de forma paralela, distando aproximadamente 5 m entre uma e outra, tanto para o período chuvoso quanto para o seco.

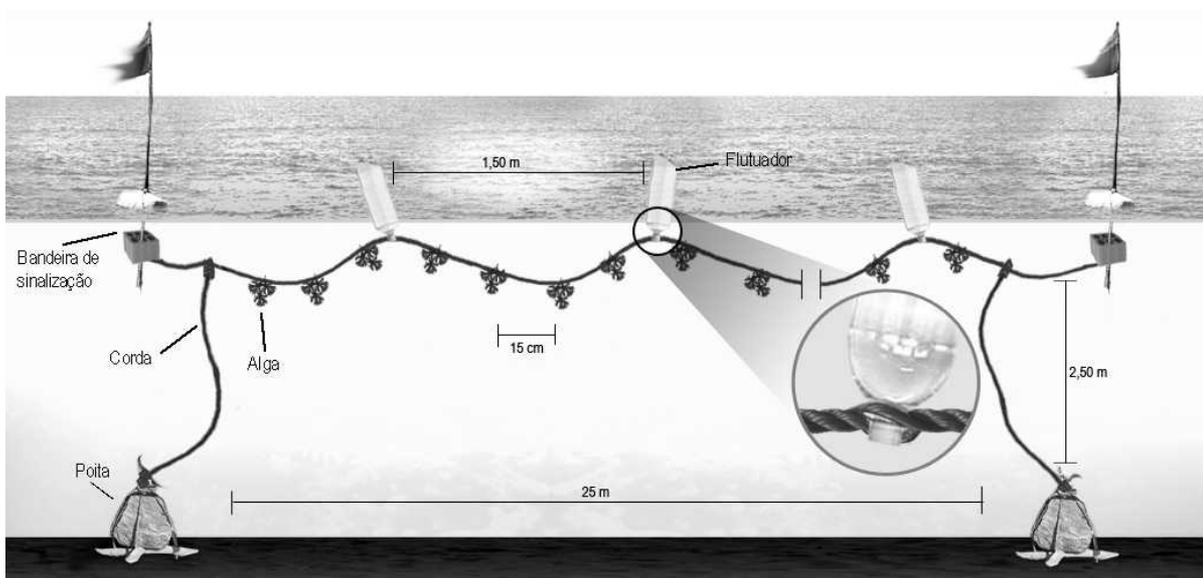


Figura 2. Esquema ilustrativo da implantação da estrutura de cultivo (tipo “long line”) utilizada no cultivo de algas marinhas na praia de Pau Amarelo.

Obtenção das Variáveis Abióticas

Os parâmetros abióticos ambientais foram determinados quinzenalmente durante todo período experimental.

A salinidade (PSU), temperatura (°C), pH, condutividade (μs), oxigênio dissolvido (mg/L), oxigênio saturado (%) foram verificados através do equipamento multiparâmetro YSI modelo SS6MPS.

Para a análise dos nutrientes foram coletadas amostras de água do mar (250 mL) e armazenadas em frascos de polietileno. O material foi acondicionado em caixas isotérmicas com gelo e transportadas para o Laboratório de Limnologia do Departamento de Pesca e Aquicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Para determinação das concentrações dos nutrientes dissolvidos foram utilizados para o nitrato (NO_3^-) o método segundo Mackerett et al. (1978), para o nitrito (NO_2) o método segundo Golterman (1978), para o fósforo (PO_4^{2+}) segundo A.P.H.A. (1995), para amônia (NH_4^+) segundo Koroleff (1976), para clorofila-a e feofitina segundo Nush (1988) e turbidez.

Os dados climatológicos de precipitação pluviométrica, radiação solar e velocidade dos ventos foram fornecidos pelo Laboratório de Meteorologia de Pernambuco (LAMEPE) do Instituto de Tecnologia de Pernambuco (ITEP). Esses dados foram representados como média diária dos períodos dos cultivos.

Parâmetros de Crescimento: Biomassa e Taxa de Crescimento Relativo (TCR)

Para a estimativa da biomassa e determinação da Taxa de Crescimento Relativa (TCR), quinzenalmente foram pesadas 10 mudas de alga cultivada de cada corda. Para isso, as mudas foram retiradas de forma aleatória com auxílio de uma tesoura, colocadas em saco plástico com água do mar e transportadas para o local de apoio (Associação de pescadores da praia de Pau Amarelo). Em seguida, escorreu-se o excesso da água e pesou-se cada muda usando uma balança digital com precisão de 0,1 g. Dessa forma, a produção de biomassa e a Taxa de Crescimento Relativa foram estimadas por meio da média da produção das mudas em cada intervalo de tempo de cultivo.

A partir dos dados obtidos para cada muda (peso inicial e final, em gramas), calculou-se a Taxa de Crescimento Relativo (TCR, $\% \text{ dia}^{-1}$), utilizando-se a seguinte fórmula descrita por De Casabianca et al., (1997):

$$\text{TCR } (\% \text{ dia}^{-1}) = \frac{\ln (P_f - P_i) \cdot 100}{(T_f - T_i)}$$

Onde: P_i = peso inicial (g); P_f = peso final (g); $T_f - T_i$ = intervalo de tempo entre as duas medidas de biomassa (g)

Análises Bromatológicas

Foram realizadas duas análises bromatológicas, uma correspondente ao período seco e a outra ao período chuvoso. Para determinação das análises bromatológicas, foi coletado uma amostra de 500 g de alga fresca das estruturas de cultivo e armazenada em saco plástico esterilizado. Em seguida a amostra foi acondicionada em uma caixa isotérmica e enviada para o Laboratório Experimental de Análise de Alimento (LEAAL) do Departamento de Nutrição da Universidade Federal de Pernambuco. Os ensaios bromatológicos analisados foram: umidade e substâncias voláteis (g/100g), proteínas (g/100g), cinzas (g/100g), lipídeos (g/100g) através do método segundo Adolfo Lutz (2005); carboidrato (g/100g) pelo método por cálculos, ASCAR (1985) e Valor Calórico Total (Kcal/100g) através do método por cálculos.

Análises Microbiológicas

Para determinação das análises microbiológicas, foi coletado uma amostra de 500 g de alga fresca das estruturas de cultivo e armazenada em saco plástico esterilizado (Nasco Whirl-Pak). Em seguida a amostra foi acondicionada em uma caixa isotérmica e enviada para o Laboratório Experimental de Análise de Alimentos (LEAAL) do Departamento de Nutrição da Universidade Federal de Pernambuco. Os ensaios microbiológicos analisados foram: *Salmonella spp*/25g pelo método AOAC, (967.26); (996.08), coliformes a 45 °C (NMP/g) através do método AOAC, (966.24), contagem padrão (UFC/g) pelo método AOAC, (990.12) e *Staphylococcus aureus* (UFC/g) por AOAC, (2003.07).

Extração e Propriedades Reológicas do Ágar

Extração do Ágar

A extração do ágar foi realizada no Laboratório de Enzimologia (LABENZ) do Departamento de Bioquímica da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Para a extração do ágar, o material fresco obtido do cultivo foi submetido a um pré-tratamento de branqueamento. Para tal, 400 g de alga fresca foi acondicionado em um recipiente contendo 2 L de hipoclorito diluído em água destilada (1:10 v/v) por 24 h. Após o tratamento a alga branqueada foi escorrida, pesada e congelada.

Após o tratamento de branqueamento, a amostra foi submetida à ebulição a uma temperatura de 100 °C durante 30 minutos. Em seguida o pH foi ajustado para 4,4 com a

adição de 100 mL de ácido acético a 0,1% e após 10 min o pH foi novamente ajustado para 7,0 utilizando 13 mL de uma solução de Hidróxido de Sódio a 1,5 M. Após a etapa de ebulição a amostra foi filtrada, mantida a temperatura ambiente até sua geleificação e então refrigerada por 15 h. Por último, a amostra foi pesada, separada em recipientes de vidro (30 mL da amostra em cada recipiente), e liofilizadas (liofilizador MT-516RVTi plus) (Teixeira et al., 1997).

Viscosidade do Ágar

Após a extração do ágar as amostras foram enviadas para o Departamento de Química Orgânica e Inorgânica do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará. No local, as soluções de ágar foram preparadas em água e em KCl, sendo deixadas sob agitação magnética por 24h a temperatura ambiente e posterior aquecimento para melhorar a solubilização. As concentrações (massa /volume) das soluções em ambos os solventes foram de: 0,5 %, 1,0 % e 2,0 %.

Reologia de fluxo

Os estudos reológicos de fluxo das soluções foram realizadas no reômetro da TA Instruments modelo Advanced Rheometer 550 (AR 550) em sensor do tipo cone-placa de diâmetro de 40 mm e ângulo de $0^{\circ} 59'' 1'$, à 25 °C e uma taxa de cisalhamento de $0,1 \text{ s}^{-1}$ a 1000 s^{-1} .

Reologia Oscilatória

Primeiramente, em um experimento de reologia oscilatória, deve se determinar a faixa de viscoelasticidade linear em relação à tensão ou à deformação. Nesta região os módulos G' e G'' são independente da tensão ou deformação aplicada ao sistema. Então realizou-se uma varredura de tensão nas freqüências de 0,01; 0,1; 1,0; 10 e 100 Hz para verificação da faixa viscoelástica linear e seleção da tensão ou deformação que seriam empregadas nas análises de varredura de freqüência e rampas de temperatura, de modo a preservar a estrutura do gel em análise. A partir destes resultados, escolheu-se uma tensão de 5 Pa para se fazer a varredura de freqüência.

O comportamento viscoelástico das amostras foram analisadas através do sistema dinâmico ou oscilatório em sensor do tipo cone-placa de diâmetro de 40 mm e ângulo de $0^{\circ} 59'' 1'$ em um reômetro da TA Instruments modelo Advanced Rheometer 550 (AR 550), com freqüências oscilatórias variando de 0,01 Hz a 10 Hz, mantendo tensão constante em 5 Pa, à 25 °C.

O comportamento das amostras foi avaliado também frente a variações de temperatura utilizando um programa de aquecimento de 5 °C/min, nas temperaturas crescentes de 25-80°C, seguida de resfriamento de 80-25°C, em frequência fixa de 1Hz. Para prevenir a evaporação do solvente foi aplicada uma camada de óleo mineral ao redor da placa de análise.

Análises Estatísticas

Os dados obtidos durante o cultivo experimental passaram por análises descritivas (máximo, mínimo, média e desvio padrão).

Para testar se houve influência da chuva (período seco x período chuvoso) e do tempo de cultivo (em dias) nos valores de biomassa e TCR, foi utilizado um modelo linear múltiplo. As variáveis significativas no modelo foram selecionadas utilizando-se o processo de *stepwise*. Para avaliar a consistência do modelo, foram utilizadas a estatística “F” da análise de variância para regressão ($p < 0,05$) e o índice determinístico R^2 .

Para analisar se os ganhos de biomassa apresentaram diferenças estatísticas ($p < 0,05$), foi inicialmente testada a normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e a homocedasticidade (teste de Fischer-Snedecor) e posteriormente utilizado o teste “t” de comparação de médias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

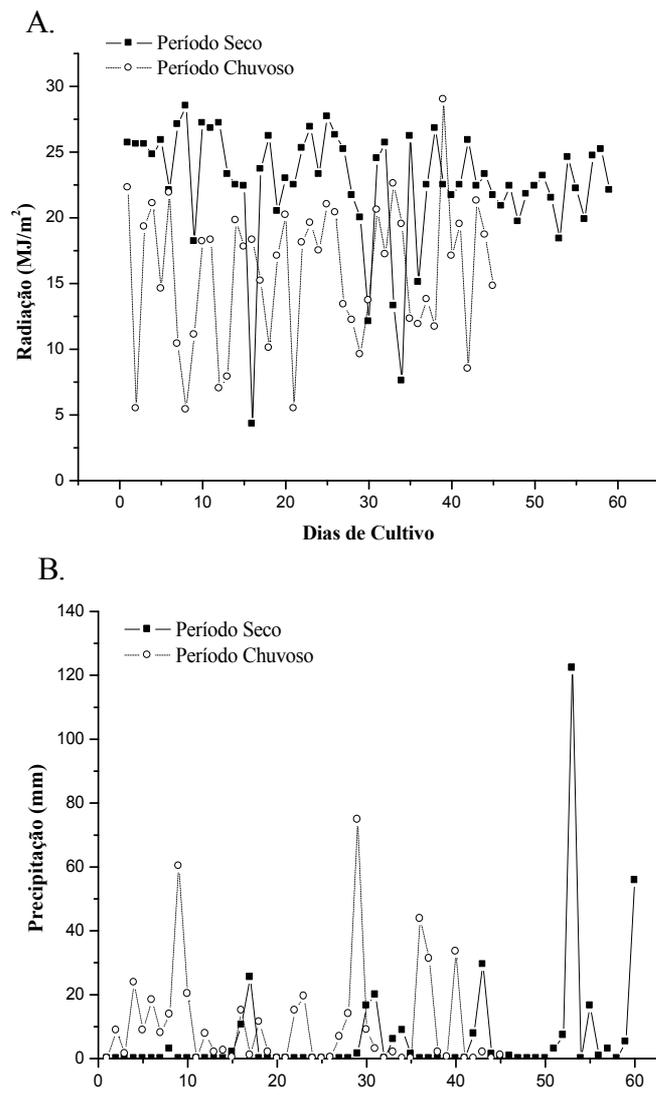
Cultivo da Macroalga

Variáveis Abióticas

Os valores referentes aos parâmetros abióticos obtidos durante o cultivo experimental do presente estudo nos períodos seco e chuvoso podem ser visualizados na Tabela 1. Dentre os parâmetros analisados ocorreram diferenças significativas ($p < 0,01$) apenas para a concentração de nitrato e turbidez. O período seco apresentou maiores valores na concentração de nitrato enquanto que, a turbidez foi menor (Tabela 1). Maiores valores de incidência de radiação solar foi observado no período seco (Figura 3A). A pluviosidade foi mais intensa e frequente no período chuvoso. Entretanto, duas chuvas atípicas (dias 53 e 60) foram constatadas no final do cultivo do período seco (Figura 3B). Esses fenômenos climáticos provavelmente exerceram influência para a maior produção da biomassa algal no período seco do cultivo experimental (Figura 4A).

Tabela 1. Variação, média, e desvio padrão dos parâmetros abióticos ambientais registrados no cultivo durante o período chuvoso e seco na praia de Pau Amarelo-PE

Parâmetros Ambientais	Período Chuvoso Média (±)desvio padrão	Período Seco Média (±)desvio padrão
Oxigênio dissolvido (mg\L)	7,04 ± 0,05	8,62 ± 2,87
Oxigênio saturado (%)	109,44 ± 3,45	136 ± 47,5
Temperatura (°C)	27,9 ± 0,61	28,8 ± 1,97
Condutividade (/s)	51,15 ± 0,05	50,82 ± 0,85
pH	6,84 ± 0,25	7,05 ± 0,41
Salinidade (PSU)	34,6± 0,33	33,2 ± 0,24
Nitrato (g/L)	118,41 ±3,44	77,82 ± 34,40
Nitrito (g/L)	7,69 ± 1,02	4,48 ± 2,99
Amônia (g/L)	16,43 ±12,92	9,38 ± 9,14
Fosfato inorgânico (g/L)	16,70 ± 2,81	17,99 ± 5,38
Clorofila (g/L)	6,97 ± 4,12	9,60 ± 2,55
Feofitina (g/L)	4,16 ± 0,89	4,32 ± 2,55
Turbidez (NTU)	4,90 ±1,91	12,93 ±1,76

Figura 3. Radiação (A.) e precipitação (B.) durante os dias de cultivo da *G. birdiae* na praia de Pau Amarelo.

Variação da Biomassa

A variação de biomassa total e quinzenal para os períodos seco e chuvoso estão apresentadas na Figura 1. Ao comparar a biomassa total produzida nos períodos seco e chuvoso, valores superiores ($p < 0,01$) foram observados para a estação seca (41,32 kg) em relação a chuvosa (13,36 kg) (Figura 4A). Com relação a variação de biomassa quinzenal, o crescimento de *G. birdiae* no período seco apresentou um padrão de linear durante os 60 dias de cultivo. No período chuvoso o mesmo foi observado até o trigésimo dia, a partir de então, observou-se um interropimento no crescimento seguido de uma acentuada perda de biomassa, causada provavelmente pela fragilização e desprendimento das mudas nas estruturas de cultivo. Tal fato tornou, nas condições experimentais, inviável o cultivo após os trinta dias. Soriano (2005), estudou o cultivo de *Gracilaria* no Rio Grande do Norte e afirma que a alga atinge o tamanho comercial em 60 dias, alcançando uma média de 500 g por muda, a partir de um inóculo com peso aproximado de 50 g.

Existe uma dificuldade de se comparar os resultados de biomassa geral obtidos nesse estudo com os da literatura, devido principalmente as diferenças experimentais que vão dês de diferentes formas de cultivo e espécies, forma de coleta dos dados, até diferentes tratamentos estatísticos. A partir dos resultados demonstrados na Figura 4B, pode-se observar que a *G. birdiae* cultivada na praia de Pau Amarelo no período seco e chuvoso atingiu uma biomassa média máxima de 269,59 g em 30 dias, havendo uma diferença significativa de biomassa no período seco com média máxima de 319 g no mesmo tempo de cultivo. Lelis (2006), encontrou uma média de biomassa por muda de *G. birdiae* cultivada no Ceará, em 30 dias de cultivo de 167,50 g, sendo dessa forma um resultado inferior em relação ao observado em Pau Amarelo, tanto no período chuvoso quanto no seco. Considerando que haja o dobro de safras em relação ao trabalho citado, podemos observar o alto potencial de cultivo de *G. birdiae* para área em estudo. Entretanto, foram utilizadas para implantação inicial mudas de 80 g para *G. birdiae*, enquanto que Soriano (2005) preferiu utilizar mudas iniciais com 50 g.

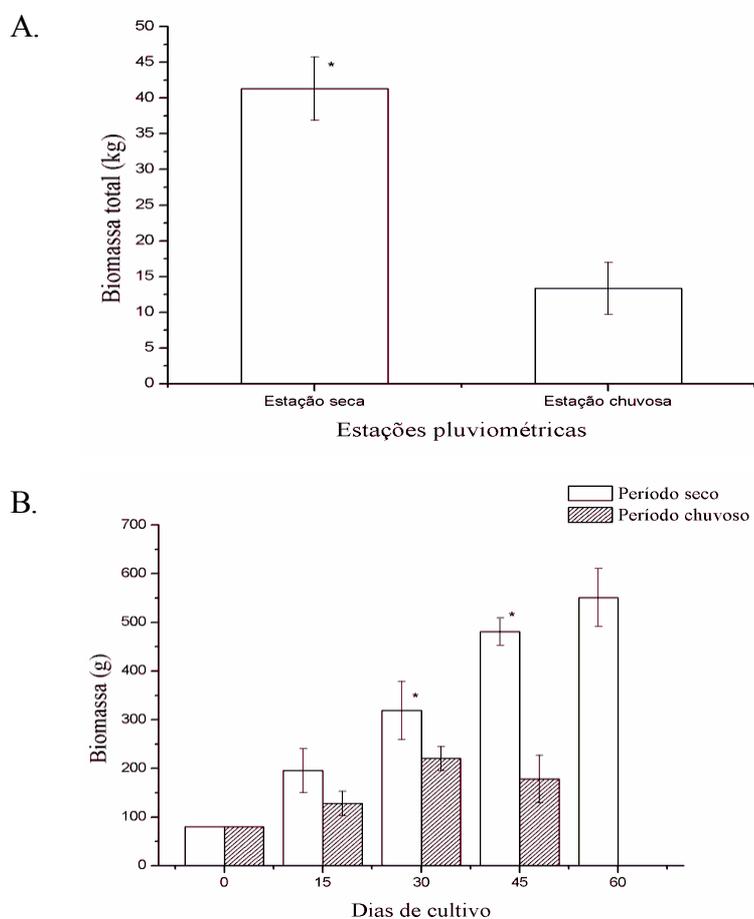


Figura 4. Variação da biomassa nos períodos seco e chuvoso: (A.) biomassa total, (B.) biomassa média quinzenal

Taxa de Crescimento Relativo (TCR)

Os valores de TCR médias encontrados para os períodos seco e chuvoso foram de 3,16 e 1,72 %dia⁻¹, respectivamente, sendo registrado diferença significativa entre os períodos ($t = 0,0011$).

Segundo McLachlan & Bird (1986), os cultivos do gênero *Gracilaria*, em diferentes condições variam geralmente entre 5 e 10% dia⁻¹. Entretanto Lelis (2006) obteve no cultivo de *G. birdiae* no Ceará uma TCR média na melhor profundidade (20 cm) de 2,91% dia⁻¹. Soriano et al. (2002) encontrou TCR máxima de 8,8% dia⁻¹. Em relação aos resultados dos trabalhos analisados acima, o presente estudo obteve uma melhor TCR máxima encontrada (7,52 %dia⁻¹) desta forma dentro da faixa citada por McLachlan & Bird (1986) e próxima da encontrada por Soriano et al. (2002). Entretanto a TCR média encontrada no caso estudado foi inferior ao sugerido por McLachlan & Bird (1986) para os cultivos do gênero *Gracilaria* em geral, porém é superior aos dados encontrados por Lelis (2006).

Ao correlacionar os dados de TCR e de biomassa é possível identificar a partir dos pontos das interseções entre as variáveis (setas indicada na Figura 5) os tempos de 30 e 33 dias demonstram que os valores onde o crescimento apresenta-se com maior biomassa e taxa de

crescimento alta, sugerindo que esses valores são os melhores tempos de colheita da *G. birdiae* cultivadas nos períodos seco e chuvoso respectivamente.

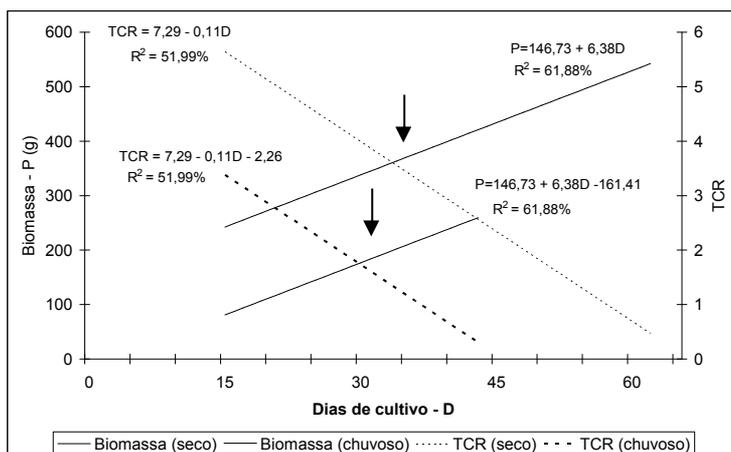


Figura 5. Interseções da TCR (%dia⁻¹) e biomassa de *G. birdiae* do cultivo experimental na praia de Pau Amarelo-PE, nos períodos seco e chuvoso

Análises Bromatológicas

A literatura sobre a composição química das algas marinhas avaliada sazonalmente ainda é escassa, principalmente quando se refere para a espécie em estudo. Porém alguns dados já foram publicados para diferentes espécies e em determinadas épocas do ano. Os resultados encontrados na composição química das análises da *G. birdiae* nos períodos seco e chuvoso podem ser observados na Tabela 2. Foi encontrado um percentual maior no conteúdo de cinzas, com percentuais menores de proteína bruta, carboidratos e lipídeos. Essas diferenças de percentuais obtidas para esta espécie concorda com os resultados obtido por Foster & Hodgson (1989) para a macroalga verde *Ulva rigida* com percentual de cinza de 52% e discordam com os obtidos por Robledo & Freile-Pelegrin (1997) e Marinho-Soriano et al., (2006) para espécie do mesmo gênero, onde foi encontrado percentuais maiores para carboidrato com 36,29% para *G. córnea* e 63,13% para *G. cervicornis*, respectivamente.

Rosemberg & Ramus (1982) afirmam que o aumento da síntese de carboidratos está relacionado com o período de máximo crescimento do organismo, com o aumento de sua atividade fotossintética e com a redução no conteúdo de proteínas, afirmando o ocorrido para o presente estudo e entre autores que analisaram o mesmo Gênero e espécies de Gêneros diferentes. No presente estudo foi possível notar maiores valores de carboidratos no período seco (38,09) do que no chuvoso (33,45), tendo como consequência valores menores de proteína no período seco (14,78) do que no chuvoso (21,48) concordando dessa forma com o trabalho de Foster & Hodgson (1989) onde realizaram a composição nutricional da macroalga

vermelhas *Gelidium pristoides* retirada da região intertidal da província do Cabo leste da África Sul nos meses de dezembro de 1995 (período seco) e julho de 1996 (Tabela 2).

Tabela 2. Percentual bromatológico de macroalgas vermelhas obtidas por vários autores referentes aos meses do período seco e chuvoso

Espécies	Período	Proteína	Cinza	Lipídeo	Carboidrato
<i>Gracilaria birdiae</i> (a)	seco	14,78	41,78	5,33	38,09
	chuvoso	21,48	40,85	4,20	33,45
<i>Gelidium pristoides</i> (b)	seco	11,8	14	0,9	43,1
	chuvoso	10,8	16	1,2	41,4
<i>Ulva rígida</i> (b)	seco	6,40	52,00	0,30	18,10
	chuvoso	5,9	47	0,60	17,3
<i>Gracilaria cevicornes</i> (c)	chuvoso	22,96	7,72	0,43	63,12
<i>Gracilaria cornea</i> (d)	-	5,47	29,06		36,29
<i>Porphyra tenera</i> (e)	-	34,20	8,70	0,70	40,70
<i>Sargassum vulgare</i> (c)	chuvoso	15,76	14,20	0,45	67,80
<i>Ulvas lactuca</i> (f)	chuvoso	7,06	21,3	1,64	14,6
<i>Hypnea japonica</i> (f)	chuvoso	19,0	22,1	1,42	4,28
<i>Hypnea charoides</i> (f)	chuvoso	18,4	22,8	1,48	7,02

Resultados com base na matéria seca (%)

- (a) Presente estudo
- (b) Foster & Hodgson (1989)
- (c) Marinho-Soriano et al., (2006)
- (d) Robledo & Freile-Pelegrin (1997)
- (e) Arasaki & Arasaki (1983)
- (f) Wong & Cheung (2000)

Análises Microbiológica

Os resultados das análises microbiológicas realizadas em amostras da macroalga *G. birdiae* no período seco, chuvoso e em amostras lavadas a 0,3% com hipoclorito de sódio, podem ser observadas na Tabela 3. Ao comparar esses resultados com a legislação da ANVISA (2001) para hortaliças e similares, é possível observar que a alga não pode ser consumida de forma “in natura” sem que passe pelo procedimento de lavagem com solução de hipoclorito de sódio a 3%, tal procedimento é válido tanto para o período chuvoso quanto para o seco.

Tabela 3. Análises microbiológicas realizada em amostra de *G. birdiae* cultivada na praia de Pau A marelo.

Ensaio Microbiológicos	Período seco	Período chuvoso	Alga lavada (0,3%) *	Legislação ANVISA 2008****
<i>Salmonella spp</i> /25g	ausência	ausência	ausência	ausência
Coliformes a 45°C (NMP/g) **	2,3	< 0,3	<0,3	10 ²
Contagem padrão (UFC/g) ***	1,4 x 10 ⁴	2,2 x 10 ³	10	-
<i>Staphylococcus aureus</i> (UFC/g)	<10	< 10	<10	<10

G. birdiae* lavada com concentração de 0,3% de hipoclorito de sódio; **NMP= Número Mais Prováveis; *UFC= Unidade Formadora de Colônia; Resultado expresso como <10 UFC/g, representa ausência de crescimento, considerando o limite do método; ****ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) para alimentos horti-frutos granjeiros

Estudo reológico comparativo das soluções de ágar

A reologia de fluxo das soluções foi realizada a 25 °C, para analisar o efeito da concentração na viscosidade das amostras dispostos na Figura 6.

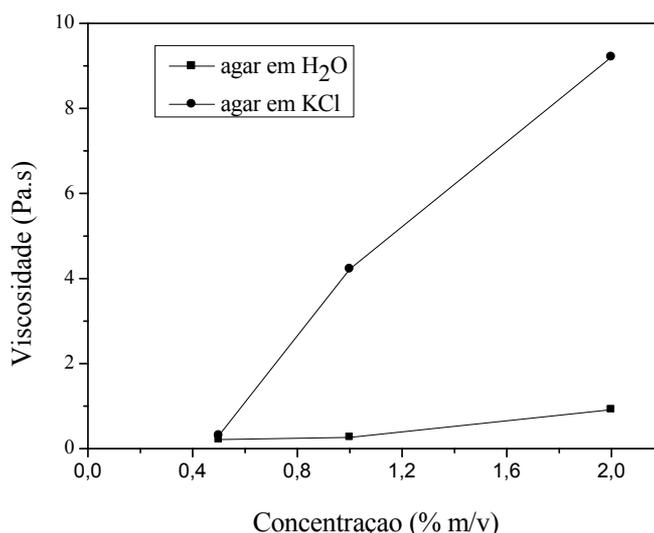


Figura 6. Variação da viscosidade com a concentração de ágar em dois solventes diferentes

Observou-se que a uma taxa fixa de cisalhamento ($1 \text{ Pa} \times \text{s}^{-1}$), tanto as soluções preparadas em água quanto as soluções preparadas em KCl apresentaram maiores valores de viscosidade com o aumento da concentração.

Para as amostras de ágar em KCl esse aumento foi bem mais expressivo que as demais. A amostra de ágar dissolvida em meio aquoso atingiu baixos valores de viscosidade (0,2 a 1,0 Pa.s), enquanto a amostra de ágar dissolvida em KCl apresentou valores bem mais elevados de viscosidade (0,3 a 10 Pa.s). O sal presente no meio reduz a atividade da água, favorecendo as interações polímero-polímero em relação às interações polímero-solvente, facilitando a

associação das cadeias por pontes de hidrogênio e interações hidrofóbicas, o que explica o considerável aumento da viscosidade. Andriamantoanina (2006) estudou extratos polissacarídicos de *Gracilaria corticata*, neste trabalho o mesmo adicionou KCl (0,1 M) e observou efeito semelhante ao demonstrado na Figura 6.

Rampa de Temperatura para as amostras de ágar em água e em KCl

As curvas de viscosidade versus temperatura das amostras de ágar 2% em água e em KCl em um ciclo aquecimento-resfriamento estão apresentadas na Figuras 8. Empiricamente, Cox & Merz (1958) descobriram que a viscosidade medida em função da taxa de cisalhamento pode ser comparada diretamente com a viscosidade dinâmica complexa em função da velocidade angular. Essa relação é válida para diversos polímeros fundidos e soluções poliméricas. Propriedades de reologia dinâmica podem ser comparadas com as propriedades de reologia estática para provar o comportamento da amostra (Silva et al., 1998).

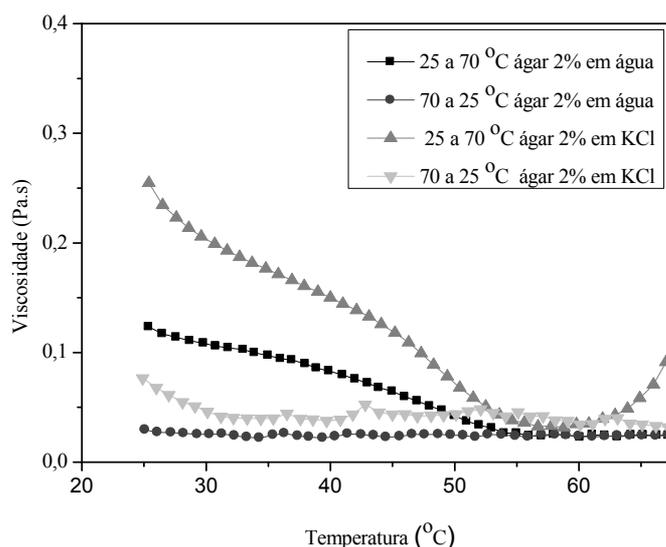


Figura 7. Efeito da temperatura na viscosidade em H₂O e KCl para uma solução 2% a 1Hz

As amostras foram submetidas a variações de temperatura, de 25 a 70 °C, iniciando com aquecimento, seguido de resfriamento. Como visto anteriormente a amostra em KCl apresenta maior viscosidade que a amostra em água até aproximadamente 40 °C. O resfriamento provoca uma diminuição na viscosidade se comparada a curva de aquecimento, entretanto as amostras em H₂O apresentaram maior viscosidade que as amostras em KCl. Andriamantoanina (2006), utilizou extrato polissacarídicos etanólicos de *Gracilaria corticata* adicionando KCl (0,1 M) para observação da viscosidade relacionado com a temperatura e constatou que com o aumento da temperatura diminuiu a viscosidade para todas as amostras testadas.

CONCLUSÕES

A macroalga marinha *Gracilaria birdiae* cultivada em uma praia urbana no litoral de Pernambuco (Pau Amarelo) apresentou:

- Uma maior biomassa algal quando cultivadas no período seco;
- Boas taxas de crescimento, com um tempo de colheita ideal de aproximadamente 30 dias no período chuvoso e 33 dias no seco;
- Características bromatológicas compatíveis com outras algas descritas na literatura, com destaque pra os níveis de proteínas, lipídeos, carboidratos e matéria mineral, representando uma boa fonte alternativa desses nutrientes para o consumo animal e humano;
- Apesar de cultivadas em uma praia urbana, *G. birdiae* apresentou baixo índice de contaminação microbiológica quando tratada em solução de hipoclorito de sódio 0,3%, procedimento padrão utilizado para lavagem de produtos horti-frutos granjeiros e
- Boa qualidade da viscosidade do ágar, podendo ser comercializadas a nível industrial.

LITERATURA CITADA

ANVISA (2001), Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Legislação: Resolução RDC N° 12, de 02 de janeiro de 2001. [HTTP://elgis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=144&mode=PRINT_VERSION](http://elgis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=144&mode=PRINT_VERSION) 5/27/2009

AOAC (990.12). (Association Official Analytical Chemists). Official Methods of Analysis. 16. Ed., Washington, DC: Association Official Analytical Chemists, 1998. v.1.

AOAC (2003.07). (Association Official Analytical chemists). Official method 2003.07- Enumeration of *Staphylococcus aureus* in selected types of processed and prepared foods. In Official Methods of Analysis of AOAC International. 16th ed. W. H. Andrews, Gaithersburg: AOAC International, 1999.

AOAC (966.24). Official methods of analysis of AOAC internacional. v. 2, 17. ed. Gaithersburg - EUA: AOAC, 2000.

A. P. H. A./A. AW. W. A/W. E. F. Standart methods for the examination of water and wasqater. 19^a ed., Washington, A. P. H. A., 1995.

Bellorin, A. M. Sistemática e Filogenia Molecular de Algas Gracilarióides (Gracilariaceae, Rhodophyta). São Paulo: Universidade de São Paulo, 2002. 150p. Tese de Doutorado.

Câmara-Neto, C. Seaweed culture in Rio Grande do Norte, Brazil. *Hydrobiologia*, v.151/152, p. 363-367, 1987.

Carvalho Filho, J. 2004. Algas uma alternativa para as comunidades costeiras? Panorama da Aqüicultura 14 (84): 53-56.

Critchley, A. T. Introduction: Seaweed Resources. In: Ohno, M. & Critchley, A. T. (eds). Seaweed cultivation and marine ranching. 2nd ed. Japan International Cooperation Agency. Yokosuka, Japan. 1997. 1-6p.

COX, W.P.; MERZ, E.H. Correlation of dynamic and steady-flow viscosities. *J. Polym. Sci.*, New York, v. 28, p. 619, 1958.

De CasaBianca M. L. Marinho Soriano E. Y Laugier T., 1997. Growth of *Gracilaria bursa pastoris* in a mediterranea lagoon: Thau, France. *Botaniva Marina*, 40: 29-37

FAO (2008) Food and Agriculture Organization of the United Nations. The State of World Fisheries and Aquaculture. Atlas. 5^a publicación. El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura, 2008. p. 23.

Golterman, H. J.; Clymo, R. S.; Ohnstad, M. A. M. Methods for physical and chemical analysis of freshwaters. London, Blackwell Sci. Pub., 1978. 214 p. (IBP Handbook, 8).

Koroleff, F. Determenation of nutrients. 1976. In: Grasshoff, K. (ed) Methods of seawater analyis. Verlag Chenie Weinhein. 117-187.

Lépez, I.; Werlinger, Camilo; Klempau, A.; Sobarzo, G. Acuicultura: cultivo y producción de organismos acuáticos. Werlinger, C. (ed.). *Biología Marina y Oceanografía: Conceptos y Processos*. Concepción, Universidad de Concepción. Trama Impressores S.A., Chile. Tomo II, 2004. p. 559-585.

Lima, A.M.; Câmara-neto, C.; Oliveira, E.C. & Araújo, R.A., 1981. Cultivo experimental de *Hypnea musciformis* e *Gracilaria sp.* em áreas protegidas por antigas linhas de costa (recifes) no litoral do Rio Grande do Norte. In: Projeto Algas. Estado do Rio Grande do Norte. Série: Brasil. SUDENE. Estudos de pesca 9: 97-107.

Marinho-Soriano, E. Species composition of seaweeds in Buzios beach, Rio Grande do Norte, Brasil. *Seaweed Res. Utiln.*, v. 21, p. 9-13, 1999.

Marinho-Soriano, E.; Carneiro, C. & Moreira, W.S.C. Cultivation of *Gracilaria* (Rhodophyta) in Shrimp pond effluents in Brazil. *Aquac. Res.* v. 33, p. 1081-1086, 2002.

Marinho-Soriano, E. Cultivo Experimental de *Gracilaria* no Rio Grande do Norte. Salvador. p. 115-124, 2005.

Marinho-Soriano, E.; Moreira, W.S.C.,; Carneiro, M.A.A. Some aspects of the growth of *G. Birdiae* (Gracilariales, Rhodophyta) in an estuary in Northeast Brazil. *Aquaculture Internacional*. v. 14(4), p. 327-336, 2006.

MILLAS, M.; RINAUDO, M.; *Polieletrólitos*. Instituto de Física e Química de São Paulo – USP, São Carlos, p. 83, 1991.

Miranda, G.E.C.; Bezerra, C.A.B. & Teixeira, D.I.A. 2004. Cultivo de algas marinhas. Noções básicas. Brasília, Ed. Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Abastecimento - FAO.

MORRIS, E. R.; Polysaccharide Rheology and In-Mouth Perception. In: STEPHEN, A. M.; *Food polysaccharides and their applications*. New York: Marcel Dekker, 1995. p. 517-546.

Nusch, E. A. Comparison of different methods for chlorophyll and phaeopigment determination. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.*, n.14: 14-36. 1980.

Oliveira, E. C. & Aveal. K. The mariculture of *Gracilaria*(Rhodophyta) for the production of agar. In: AKATSUKA, I. (ed), *Introduction to Applied Phycology*. SBP Academic Publishing, The Hauge, p. 553-564.1990.

Oliveira, E. C. & Plastino, E. M. 1994. Gracilariaceae. In: AKATSUKA, I. (ed). *Biology of economic seaweeds*. SPB Academic Publishing. Netherlands. 185-226pp.

Oliveira, E.C. Algas marinhas: Um recurso pouco explorável pelo Brasil. *Panorama de Aquicultura*, v. 7, p. 24–26, 1997.

Oliveira, e.c.; Alveal, k. & Anderson, R. 2000. Mariculture of the agarproducing Gracilarioid red algae. *Reviews in Fisheries Science* 8(4): 345-378.

Teixeira, D.I.A. E Masih Neto, T. Cultivo de *Gracilaria* em Fleceiras e Guajiru. *Anais da X Reunião da Sociedade Brasileira de Ficologia*. Salvador, 2004.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível notar um grande potencial para o cultivo nessa região, porém um melhor desenvolvimento da espécie em águas mais transparentes, e com maiores correntezas. Foi testado inicialmente estruturas de cultivo acima dos bancos naturais, porém as algas plantadas apresentaram uma grande impregnação por outras espécies de algas (epfito) e epifauna competindo com as mudas das estruturas, dessa forma sendo aconselhável a implantação de estruturas de cultivo mais afastado da área dos bancos naturais.

A região também apresenta forte potencial para outras espécies comerciais, como por exemplo a *Hypnea muciformis* (Rhodophyta), espécie nativa e abundante nos bancos naturais.

Em relação a comunidade litorânea local, a mesma se encontra capacitada para a alginicultura, apresentando uma visão ecológica positiva, porém requer mais conhecimento para área de beneficiamento e empreendedorismo.

Apesar do potencial da região, a área em estudo necessita de mais pesquisa em relação as biomoléculas da alga, cultivo e biofauna acompanhante, uma vez que os pescadores notaram maior quantidade de organismos aquáticos em estágio juvenil e adulto ao redor das estruturas de cultivo.

A utilização de material reciclável na confecção das estruturas de cultivo como: garrafas pet's, âncoras artesanais e cordas recicláveis viabiliza economicamente o cultivo conferindo um caráter sustentável do ponto de vista ambiental.

6. ANEXOS

6.1 Normas da Revista

Forma e preparação de manuscritos

O trabalho submetido à publicação deverá ser cadastrado no portal da revista (<http://www.agraria.ufpe.br>). O cadastro deverá ser preenchido apenas pelo autor correspondente que se responsabilizará pelo artigo em nome dos demais autores.

Só serão aceitos trabalhos depois de revistos e aprovados pela Comissão Editorial, e que não foram publicados ou submetidos em publicação em outro veículo. Excetuam-se, nesta limitação, os apresentados em congressos, em forma de resumo.

Os trabalhos subdivididos em partes 1, 2..., devem ser enviados juntos, pois serão submetidos aos mesmos revisores. Solicita-se observar as seguintes instruções para o preparo dos artigos.

Composição seqüencial do artigo

- a. Título: no máximo com 15 palavras, em que apenas a primeira letra da primeira palavra deve ser maiúscula.
- b. Nome(s) do(s) autor(es): por extenso apenas o primeiro nome e o sobrenome e separados por vírgula, e somente a primeira letra do nome e dos sobrenomes deve ser maiúscula. Colocar referência de nota no final do sobrenome de cada autor para fornecer, logo abaixo, endereço institucional, incluindo telefone, fax e e-mail. Os autores pertencentes a uma mesma instituição devem ser referenciados por uma única nota. A condição de bolsista poderá ser incluída. Não deve ser colocado ponto ao final de cada nota;
- c. Os artigos deverão ser compostos por, **no máximo, 6 (seis) autores**;
- d. Resumo: no máximo com 15 linhas;
- e. Palavras-chave: no mínimo três e no máximo cinco, não constantes no Título;
- f. Título em inglês no máximo com 15 palavras, ressaltando-se que só a primeira letra da primeira palavra deve ser maiúscula;
- g. Abstract: no máximo com 15 linhas, devendo ser tradução fiel do Resumo;
- h. Key words: no mínimo três e no máximo cinco;
- i. Introdução: destacar a relevância do artigo, inclusive através de revisão de literatura;
- j. Material e Métodos;
- k. Resultados e Discussão;
- l. Conclusões devem ser escritas de forma sucinta, isto é, sem comentários nem explicações adicionais, baseando-se nos objetivos da pesquisa;

m. Agradecimentos (facultativo);

n. Literatura Citada.

Observação: Quando o artigo for escrito em inglês, o título, resumo e palavras-chave deverão também constar, respectivamente, em português ou espanhol, mas com a seqüência alterada, vindo primeiro no idioma principal.

Edição do texto

a. Idioma: Português, Inglês e Espanhol

b. Processador: Word for Windows;

c. Texto: fonte Times New Roman, tamanho 12. Não deverá existir no texto palavras em negrito;

d. Espaçamento: duplo entre o título, nome(s) do(s) autor(es), resumo e abstract; simples entre item e subitem; e no texto, espaço 1,5;

e. Parágrafo: 0,5 cm;

f. Página: Papel A4, orientação retrato, margens superior e inferior de 2,5 cm, e esquerda e direita de 3,0 cm, no máximo de 20 páginas não numeradas;

g. Todos os itens em letras maiúsculas, em negrito e centralizados, exceto Resumo, Abstract, Palavras-chave e Key words, que deverão ser alinhados à esquerda e apenas as primeiras letras maiúsculas. Os subitens deverão ser alinhados à esquerda, em negrito e somente a primeira letra maiúscula;

h. As grandezas devem ser expressas no SI (Sistema Internacional) e a terminologia científica deve seguir as convenções internacionais de cada área em questão;

i. Tabelas e Figuras (gráficos, mapas, imagens, fotografias, desenhos)

- Títulos de tabelas e figuras, para artigos escritos em português ou espanhol, deverão ser escrito em fonte Times New Roman, estilo normal e tamanho 9. A tradução em inglês deverá ser inserida logo abaixo com fonte Times New Roman, estilo itálico e tamanho 8. Para artigos escritos em Inglês, as traduções podem ser realizadas em português ou espanhol;

- As tabelas e figuras devem apresentar larguras de 9 ou 18 cm, com texto em fonte Times New Roman, tamanho 9, e ser inseridas logo abaixo do parágrafo onde foram citadas pela primeira vez. Exemplo de citações no texto: Figura 1; Tabela 1. Tabelas e figuras que possuem praticamente o mesmo título deverão ser agrupadas em uma tabela ou figura criando-se, no entanto, um indicador de diferenciação. A letra indicadora de cada sub-figura numa figura agrupada deve ser maiúscula e com um ponto (exemplo: A.), e posicionada ao

lado esquerdo superior da figura e fora dela. As figuras agrupadas devem ser citadas no texto da seguinte forma: Figura 1A; Figura 1B; Figura 1C.

- As tabelas não devem ter tracejado vertical e o mínimo de tracejado horizontal. Exemplo do título, o qual deve ficar acima: Tabela 1. Estações do INMET selecionadas (sem ponto no final). Em tabelas que apresentam a comparação de médias, mediante análise estatística, deverá existir um espaço entre o valor numérico (média) e a letra. As unidades deverão estar entre parêntesis.

- As figuras não devem ter bordadura e suas curvas (no caso de gráficos) deverão ter espessura de 0,5 pt, e ser diferenciadas através de marcadores de legenda diversos e nunca através de cores distintas. Exemplo do título, o qual deve ficar abaixo: Figura 1. Perda acumulada de solo em função do tempo de aplicação da chuva simulada (sem ponto no final). Para não se tornar redundante, as figuras não devem ter dados constantes em tabelas. Fotografias ou outros tipos de figuras deverão ser escaneadas com 300 dpi e inseridas no texto. O(s) autor(es) deverá(ão) primar pela qualidade de resolução das figuras, tendo em vista uma boa reprodução gráfica. As unidades nos eixos das figuras devem estar entre parêntesis, mas, sem separação do título por vírgula.

Exemplos de citações no texto

- a. Quando a citação possuir apenas um autor: ... Freire (2007) ou ... (Freire,2007).
- b. Quando possuir dois autores: ... Freire & Nascimento (2007), ou ... (Freire & Nascimento, 2007).
- c. Quando possuir mais de dois autores: Freire et al. (2007), ou (Freire et al., 2007).

Literatura citada

A citação dos artigos relacionados com o tema do trabalho publicados anteriormente na **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, não é obrigatória, porém é recomendável. O corpo editorial da revista poderá sugerir a inclusão de alguma referência significativa se julgar oportuno.

O artigo deve ter, preferencialmente, no máximo **25 citações bibliográficas**, sendo a maioria em **periódicos recentes (últimos cinco anos)**.

As referências citadas no texto deverão ser dispostas em ordem alfabética pelo sobrenome do primeiro autor e conter os nomes de todos os autores, separados por ponto e vírgula. As citações devem ser, preferencialmente, de publicações em periódicos, as quais deverão ser apresentadas conforme os exemplos a seguir:

a. Livros

Mello, A.C.L. de; Vêras, A.S.C.; Lira, M. de A.; Santos, M.V.F. dos; Dubeux Júnior, J.C.B; Freitas, E.V. de; Cunha, M.V. da . Pastagens de capim-elefante: produção intensiva de leite e carne. Recife: Instituto Agrônômico de Pernambuco, 2008. 49p.

b. Capítulo de livros

Serafim, C.F.S.; Hazin, F.H.V. O ecossistema costeiro. In: Serafim; C.F.S.; Chaves, P.T. de (Org.). O mar no espaço geográfico brasileiro. Brasília- DF: Ministério da Educação, 2006. v. 8, p. 101-116.

c. Revistas

Rocha, A.T.; Oliveira, A.C.; Rodrigues, A.N.; Lira Júnior, M.A.; Freire, F.J. Emprego do gesso do Araripe na melhoria do ambiente radicular da cana-de-açúcar. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v.3, n.4, p.307-312, 2008.

d. Citações no prelo (aceitas para publicação) devem ser evitadas. Brandão, C.F.L.S.; Marangon, L.C.; Ferreira, R.L.C.; Silva, A.C.B.L. e. Estrutura fitossociológica e classificação sucessional do componente arbóreo em um fragmento de floresta atlântica em Igarassu–Pernambuco. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, 2009. No prelo.

e. Dissertações e teses

Bandeira, D.A. Características sanitárias e de produção da caprinocultura nas microrregiões do Cariri do estado da Paraíba. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2005. 116p. Tese Doutorado.

f. Trabalhos apresentados em congressos (Anais, Resumos, Proceedings, Disquetes, CD-ROMS)

Dubeux Júnior, J.C.B.; Lira, M. de A.; Santos, M.V.F. dos; Cunha, M.V. da . Fluxo de nutrientes em ecossistemas de pastagens: impactos no ambiente e na produtividade. In: Simpósio sobre o Manejo da Pastagem, 23, 2006, Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ, 2006. v. único, p.439-506.

No caso de disquetes ou CD-ROM, o título da publicação continuará sendo Anais, Resumos ou Proceedings, mas o número de páginas será substituído pelas palavras Disquetes ou CD-ROM.

g. WWW (World Wide Web) e FTP (File Transfer Protocol)

Burka, L.P. A hipertext history of multi-user dimensions; MUD history. <http://www.ccs.neu.edu/home/lpb/mud-history-html>. 10 Nov. 1997.

h. Citações de comunicação pessoal deverão ser referenciadas como notas de rodapé, quando forem imprescindíveis à elaboração dos artigos.

Outras informações sobre a normatização de artigos

- 1) Os títulos das bibliografias listadas devem ter apenas a primeira letra da primeira palavra maiúscula, com exceção de nomes próprios. O título de eventos deverá ter apenas a primeira letra de cada palavra maiúscula;
- 2) O nome de cada autor deve ser por extenso apenas o primeiro nome e o último sobrenome, sendo apenas a primeira letra maiúscula;
- 3) Não colocar ponto no final de palavras-chave, key words e títulos de tabelas e figuras. Todas as letras das palavras-chave devem ser minúsculas, incluindo a primeira letra da primeira palavra-chave;
- 4) No Abstract, a casa decimal dos números deve ser indicada por ponto em vez de vírgula;
- 5) A Introdução deve ter, preferencialmente, no máximo 2 páginas. Não devem existir na Introdução equações, tabelas, figuras, e texto teórico sobre um determinado assunto;
- 6) Evitar parágrafos muito longos;
- 7) Não deverá existir itálico no texto, em equações, tabelas e figuras, exceto nos nomes científicos de animais e culturas agrícolas, assim como, nos títulos das tabelas e figuras escritos em inglês;
- 8) Não deverá existir negrito no texto, em equações, figuras e tabelas, exceto no título do artigo e nos seus itens e subitens;
- 9) Em figuras agrupadas, se o título dos eixos x e y forem iguais, deixar só um título centralizado;
- 10) Todas as letras de uma sigla devem ser maiúsculas; já o nome por extenso de uma instituição deve ter maiúscula apenas a primeira letra de cada nome;
- 11) Nos exemplos seguintes o formato correto é o que se encontra no lado direito da igualdade: 10 horas = 10 h; 32 minutos = 32 min; 5 l (litros) = 5 L; 45 ml = 45 mL; l/s = L.s⁻¹; 27°C = 27 °C; 0,14 m³/min/m = 0,14 m³.min⁻¹.m⁻¹; 100 g de peso/ave = 100 g de peso por ave; 2 toneladas = 2 t; mm/dia = mm.d⁻¹; 2x3 = 2 x 3 (deve ser separado); 45,2 - 61,5 = 45,2-61,5 (deve ser junto). A % é unidade que deve estar junta ao número (45%). Quando no texto existirem valores numéricos seguidos, colocar a unidade somente no último valor (Exs.: 20 e 40 m; 56,0, 82,5 e 90,2%). Quando for pertinente, deixar os valores numéricos com no máximo duas casas decimais;
- 12) No texto, quando se diz que um autor citou outro, deve-se usar apud em vez de citado por. Exemplo: Walker (2001) apud Azevedo (2005) em vez de Walker (2001) citado por Azevedo (2005). Recomendamos evitar essa forma de citação.
- 13) Na definição dos parâmetros e variáveis de uma equação, deverá existir um traço separando o símbolo de sua definição. A numeração de uma equação dever estar

entre parêntesis e alinhada esquerda. Uma equação deve ser citada no texto conforme os seguintes exemplos: Eq. 1; Eq. 4.;

14) Quando o artigo for submetido não será mais permitida mudança de nome dos autores, seqüência de autores e quaisquer outras alterações que não sejam por solicitadas pelo editor.