



**INFLUÊNCIA DA PROFUNDIDADE E DOS PARÂMETROS
AMBIENTAIS SOBRE O DESENVOLVIMENTO DE
Gracilaria birdiae (RHODOPHYTA, GRACILARIALES) EM
VIVEIRO DE CAMARÃO**

Vinícius Peruzzi de Oliveira

**Natal
2007**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Vinícius Peruzzi de Oliveira

**INFLUÊNCIA DA PROFUNDIDADE E DOS PARÂMETROS
AMBIENTAIS SOBRE O DESENVOLVIMENTO DE
Gracilaria birdiae (RHODOPHYTA, GRACILARIALES)
EM VIVEIRO DE CAMARÃO**

Orientadora: Prof^ª. Dra. Eliane Marinho Soriano
Co-Orientador: Prof^º. Dr. Fúlvio Aurélio de Moraes Freire

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Bioecologia Aquática do Departamento de Oceanografia e Limnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito para obtenção do título de Mestre em Bioecologia Aquática.

Natal – RN
2007



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE BIOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOECOLOGIA AQUÁTICA
MESTRADO EM BIOECOLOGIA AQUÁTICA**

**INFLUÊNCIA DA PROFUNDIDADE E DOS PARÂMETROS
AMBIENTAIS SOBRE O DESENVOLVIMENTO DE
Gracilaria birdiae (RHODOPHYTA, GRACILARIALES)
EM VIVEIRO DE CAMARÃO**

COMISSÃO JULGADORA

**Dr^a. Eliane Marinho Soriano
(Orientadora - UFRN)**

**Dr. Fúlvio Aurélio de Moraes Freire
(Co-orientador - UFRSA)**

**Dr. Marcos Rogério Câmara
(UFRN)**

**Dr^a. Yocie Yoneshigue Valentin
(UFRJ)**

Divisão de Serviços Técnicos
Catalogação da Publicação na Fonte UFRN/Biblioteca Central
Zila Mamede

Oliveira, Vinícius Peruzzi..

Influência da profundidade e dos parâmetros ambientais sobre o desenvolvimento de *Gracilaria birdiae* (Rhodophyta, Gracilariales) em viveiro de camarão / Vinícius Peruzzi Oliveira. – Natal, RN, 2007.
54 f.

Orientador: Eliane Marinho Soriano.

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

1. Algas – *Gracilaria birdiae* - Dissertação. 2. Cultivo integrado - Profundidade - Dissertação. 3. Algas – Fatores ambientais - Dissertação. I. Soriano, Eliane Marinho. II. Título.

RN/UF/BCZM

CDU 582.273(043.3)

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Rio Grande Norte, pela estrutura disponibilizada.

À minha orientadora, Prof^a. Eliane Marinho, pela confiança, atenção e paciência dispensada durante todo o período de trabalho e convivência.

Ao meu co-orientador Fúlvio Freire, pela grande ajuda nas análises estatísticas.

Aos professores Marcos Rogério (DOL/UFRN) e Paulo Roberto (CCET/UFRN), pelas valiosas contribuições para esta dissertação.

À Dr^a. Yocie Valentin (IB/UFRJ), pelo incentivo inicial a minha vinda à Natal e bibliografia cedida.

Aos companheiros do Laboratório de Macroalgas, pelas ajudas em campo, análises químicas e momentos de descontração.

Ao Paul e Michael pela ajuda na correção do abstract.

Aos funcionários do DOL, em especial ao Sr. Everaldo e Jussara.

À Alexandre Wainberg, por permitir a realização do experimento na fazenda Primar.

À Marcos Túlio, pelas imagens e fotografias da área de estudo cedidas.

Aos novos amigos e irmãos Aline(s), Anchieta, Andréia, Arthur, Audra, Augusto, Camila, Dani(s), Dudu, Eudriano, Garcia, Garla, Igor, Jana(s), Karin, Lorena, Margô, Matheus, Paula, Rodrigo, Thiago e todos da turma 12 e 13, pelo companheirismo nos momentos de alegrias e tristezas.

À minha família e namorada Luciana, pelo amor e incentivo durante todos os momentos desta minha jornada.

A CAPES, pelo auxílio financeiro.

A todos que não citei, que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

ÍNDICE

ÍNDICE	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABELAS	IX
RESUMO	X
ABSTRACT	XI
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVO GERAL	5
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
3 CARACTERIZAÇÃO DA ESPÉCIE ESTUDADA	6
3.1 TAXONOMIA	6
3.2 MORFOLOGIA E DISTRIBUIÇÃO	6
4 MATERIAL E MÉTODOS	8
4.1 LOCAL DE COLETA	8
4.2 LOCAL DO EXPERIMENTO	9
4.3 SISTEMA DE CULTIVO	11
4.4 DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS AMBIENTAIS	12
4.5 DETERMINAÇÃO DA BIOMASSA E TAXA DE CRESCIMENTO	12
4.6 PERCENTUAL DE PERDA DE BIOMASSA	13
4.7 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	13
5 RESULTADOS	15
5.1 FATORES ABIÓTICOS	15
5.1.1 Temperatura	15
5.1.2 Salinidade	16
5.1.3 Turbidez	16
5.1.4 pH	17
5.1.5 Transparência	18
5.1.6 Precipitação Pluviométrica	18
5.1.7 Evaporação	19
5.1.8 Insolação	20
5.1.9 Radiação solar acumulada (RSA)	20
5.1.10 Nitrito (NO_2^{2-})	21
5.1.11 Nitrato (NO_3^-)	22
5.1.12 Íon amônio (NH_4^+)	22
5.1.13 Ortofosfato (PO_4^{3-})	23
5.2 VARIAÇÃO DE BIOMASSA	25
5.3 TAXA DE CRESCIMENTO ESPECÍFICO	29
5.4 ANÁLISES DE REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA	31
6 DISCUSSÃO	35
7 CONCLUSÃO	40
8 REFERÊNCIAS	41

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Aspecto geral de Gracilaria birdiae.....</i>	<i>7</i>
<i>Figura 2: Local de coleta de Gracilaria birdiae.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 3: Processo de produção de mudas de G. birdiae.....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 4: Local de cultivo de G. birdiae.....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 5: Experimento em campo.....</i>	<i>11</i>
<i>Figura 6: Valores de temperatura obtidos durante o período de cultivo de G. birdiae.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 7: Valores de salinidade obtidos durante o período de cultivo de G. birdiae.....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 8: Valores de turbidez obtidos durante o período de cultivo de G. birdiae.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 9: Valores de pH obtidos durante o período de cultivo de G. birdiae.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 10: Valores de transparência obtidos durante o período de cultivo de G. birdiae... </i>	<i>18</i>
<i>Figura 11: Valores de precipitação obtidos durante o período de cultivo de G. birdiae.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 12: Valores de evaporação obtidos durante o período de cultivo de G. birdiae.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 13: Valores de insolação obtidos durante o período de cultivo de G. birdiae.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 14: Valores de radiação solar acumulada obtidos durante o período de cultivo de G. birdiae.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 15: Valores de nitrito obtidos durante o período de cultivo de G. birdiae.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 16: Valores de nitrato obtidos durante o período de cultivo de G. birdiae.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 17: Valores de íon amônio durante o período de cultivo de G. birdiae.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 18: Valores de ortofosfato durante o período de cultivo de G. birdiae.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 19: Variação de biomassa (g) durante o período de cultivo de G. birdiae no viveiro de camarão da fazenda PRIMAR.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 20: Perda de biomassa (%) durante o período de cultivo de G. birdiae no viveiro de camarão da fazenda PRIMAR – RN.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 21: Perda de biomassa de G. birdiae mantida na superfície.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 22: Variação da taxa de crescimento específico (TCE) de G. birdiae durante o período de estudo no viveiro da Fazenda PRIMAR – RN.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 23: Relação entre valores previstos e observados para TCE de G. birdiae cultivadas na superfície no viveiro da Fazenda PRIMAR – RN.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 24: Relação entre valores previstos e observados para TCE de G. birdiae cultivadas a 10 cm de profundidade no viveiro da Fazenda PRIMAR – RN</i>	<i>33</i>

Figura 25: Relação entre valores previstos e observados para TCE de *G. birdiae* cultivadas a 20 cm de profundidade no viveiro da Fazenda PRIMAR – RN.....34

ÍNDICE DE TABELAS

<i>Tabela 1: Valores mínimos e máximos, média \pm desvio padrão, e análise de variância dos parâmetros ambientais obtidos durante o período de cultivo de <i>G.birdiae</i> no viveiro de camarão da fazenda PRIMAR – RN.</i>	24
<i>Tabela 2: Parâmetros da regressão que fizeram parte do modelo de regressão linear múltipla utilizando TCE como variável dependente.</i>	31
<i>Tabela 3: Parâmetros da regressão que fizeram parte do modelo de regressão linear múltipla utilizando TCE como variável dependente.</i>	33
<i>Tabela 4: Parâmetros da regressão que fizeram parte do modelo de regressão linear múltipla utilizando TCE como variável dependente.</i>	34

RESUMO

Este estudo avalia a influência da profundidade e dos parâmetros ambientais sobre o desenvolvimento de *Gracilaria birdiae* Plastino & Oliveira (Gracilariaceae – Rhodophyta) em condições eutróficas de um viveiro orgânico de camarão *Litopenaeus vannamei*. Estruturas de PVC (módulos), contendo quatro cordas com 150 g de macroalgas, foram mantidas por 35 dias em três profundidades distintas (superfície, 10 e 20 cm de profundidade). Semanalmente foram realizadas as pesagens de biomassa úmida e o monitoramento dos parâmetros ambientais (temperatura, salinidade, turbidez, pH, transparência, precipitação pluviométrica, taxa de evaporação, insolação, radiação solar acumulada, nitrito, nitrato, íon amônio e ortofosfato). Nas três profundidades propostas, as macroalgas apresentaram, no fim do experimento, biomassa superior ao inóculo inicial. O módulo mantido a 10 cm de profundidade apresentou a maior média de biomassa (186,3 g), seguido pelo módulo mantido a 20 cm (180,4 g) e o módulo mantido na superfície (169,9 g). As variações de biomassa apontaram que as algas sofrem efeitos diretos da profundidade. As perdas de biomassa estiveram associadas aos fatores que influenciam na penetração de luz como a deposição de sedimento sobre os talos, taxa de evaporação e taxa de precipitação. As menores perdas ocorreram nas algas mantidas na superfície (0,16%), seguidas pelas algas mantidas a 20 cm (0,20%) e a 10 cm (0,22%). As taxas de crescimento específico (TCE) de *G. birdiae* não apresentaram diferenças significativas entre as três profundidades e nem entre os períodos amostrais. Entretanto, os módulos mantidos a 10 e 20 cm mostraram evoluções de crescimento bastante semelhantes, ambos cresceram $0,38\% \cdot \text{dia}^{-1}$, enquanto o módulo mantido na superfície obteve a TCE média de $0,36\% \cdot \text{dia}^{-1}$. Os modelos relacionados às taxas de crescimento apontaram a temperatura, salinidade, pH, ortofosfato, íon amônio, precipitação e turbidez como os principais fatores ambientais a influenciar no desenvolvimento de *G. birdiae*.

Palavras – chave: *Gracilaria birdiae*, crescimento, cultivo integrado, fatores abióticos, profundidade.

ABSTRACT

This study evaluates the influence of depth and environmental parameters on the development of *Gracilaria birdiae* Plastino & Oliveira (Gracilariaceae – Rhodophyta) in an organic shrimp pond (*Litopenaeus vannamei*) under eutrophical conditions. PVC structures (module) with four ropes laden with 150 g of macroalgae each, were kept during 35 days at three different depths (surface, 10 and 20 cm depth). Wet biomass weighing and environmental parameters (temperature, salinity, turbidity, pH, transperance, precipitation, evaporation, insolation, accumulated solar radiation, nitrite, nitrate, ammonium and orthophosphate) were measured weekly. At all three proposed depths, the macroalgae displayed a higher biomass at the end of experiment than at the initial inoculations. The module kept at a 10 cm depth presented the greatest average biomass (186,3), followed by that kept at 20 cm (180,4 g) and the surface module (169,9 g). Biomass variations showed algae to suffer the direct effects of depths. Biomass loss was associated with the factors that influence light penetration, such as sediment deposits above the thallus, rate of evaporation and precipitation. The smallest losses occurred in the algae kept on surface (0,16%), followed by the algae kept at 20 cm (0,20%) and 10 cm (0,22%). The specific growth rate (SGR) of *G. birdiae* showed no significant difference between the three depths nor the sample periods. Nevertheless, the modules kept at 10 and 20 cm depths presented similar growth evolution, both growing $0,38\% \cdot \text{per day}^{-1}$, while the module kept on surface had an average SGR of $0,36\% \cdot \text{day}^{-1}$. The models related to growth rate demonstrated temperature, salinity, pH, orthophosphate, ammonium, precipitation and turbidity as the principal environmental parameters influencing the development of *G. birdiae*.

Keywords: *Gracilaria birdiae*, growth, integrated culture, abiotic factors, depth.

1 INTRODUÇÃO

O clima favorável e a grande disponibilidade de espaço em áreas costeiras fizeram com que a aqüicultura obtivesse elevado desenvolvimento nas regiões de clima tropical e subtropical (PÁEZ-OSUNA, 2001). Atualmente, a América Latina é a segunda maior produtora mundial de produtos oriundos da aqüicultura e países como México, Chile, Equador e Brasil se destacam por apresentarem benefícios socioeconômicos significativos associados a essa atividade (PRIMAVERA, 1997; ROSENBERRY, 1998).

Durante o ano de 2003, por exemplo, a produção de camarão cultivado em países em desenvolvimento alcançou a marca de 1.630.000 toneladas, o que representou 35% da produção mundial. Neste mesmo ano, o Brasil consolidou a liderança na América Latina, produzindo 90.190 toneladas de camarão, superando Equador e México, que ocupavam o primeiro e segundo lugar respectivamente (ROCHA *et al.*, 2004). Neste sentido, a região nordeste do Brasil, responsável por 95,2% da produção nacional, apresentou-se como a maior produtora de camarão marinho da espécie *Litopenaeus vannamei*, nesta região, o estado do Rio Grande do Norte aparece liderando o ranking brasileiro com 37.473 toneladas de camarão produzidas (CÂMARA, 2000; ROCHA *et al.*, *op. cit.*; FAO, 2007).

Desde a segunda metade da década de noventa, têm se observado um gradativo declínio na produtividade mundial de camarão e um aumento expressivo da degradação ambiental nas zonas costeiras. Ambos, gerados pela falta de manejo, planejamento e normas que regulem tal atividade (NAYLOR *et al.*, 1998; FAO, 1999). Principalmente nos países tropicais, grandes áreas de manguezais e estuários estão sendo substituídas por fazendas de camarão que, conseqüentemente, irão gerar e descartar efluentes enriquecidos com partículas sólidas, nutrientes e derivados químicos (PORRELLO *et al.*, 2003). Alguns autores têm demonstrado que o “input” desses efluentes tem um impacto substancial nas áreas costeiras, o que vem a afetar diretamente o sedimento e a composição da coluna d’água (CHOPIN *et al.*, 1999; CHOPIN *et al.*, 2001). Além disso, esse tipo de eutrofização leva a mudanças ambientais que podem interferir na fauna bentônica, na abundância de peixes, nas populações de pássaros locais, no crescimento e diversidade das macroalgas (PÁEZ-OSUNA, 2001).

Recentemente, tem-se dado maior ênfase ao desenvolvimento da aquicultura costeira sustentável, sendo esta baseada na cultura de organismos de diferentes níveis tróficos como o alicerce para uma aquicultura ambientalmente amigável (NEORI *et al.*, 2004). Essa estratégia de cultivo é ideal para integrar duas ou mais espécies ecologicamente compatíveis em um sistema, havendo co-habitação entre os organismos, sem conflitos por alimento ou espaço (NEORI *et al.*, 1998). Além disso, a aquicultura integrada possibilita o aumento da capacidade de biorremediação dos nutrientes, já que atua transformando os resíduos oriundos dos organismos consumidores em recursos para os outros organismos do sistema. Esse modelo de cultivo também possibilita a existência de benefícios mútuos entre os organismos e a diversificação econômica para o produtor através do cultivo de outras espécies com valores comerciais (CHOPIN *et al.*, 2001).

A maricultura integrada envolvendo o uso de macroalgas é bastante conhecida, e vem atualmente se tornando o viés para o desenvolvimento sustentável da aquicultura costeira. Esta integração vem sendo apontada como uma alternativa capaz de minimizar os efeitos da eutrofização provocada pelas descargas excessivas de nitrogênio e fósforo geradas pela carcinicultura que, em casos extremos, podem alcançar respectivamente 95% e 85% do volume de rejeito (RYTHER *et al.*, 1975; LANGTON *et al.*, 1977; BUSCHMANN *et al.* 1996; TROELL & BERG, 1997; TROELL *et al.*, 1997; JONES *et al.*, 2001; PÁEZ-OSUNA, 2001; NEORI *et al.*, 2004; ZHOU *et al.*, 2006).

Desde meados da década de 70, as macroalgas têm sido testadas como filtro biológico em sistemas de cultivo de organismos aquáticos (RYTHER *et al.*, 1975; LANGTON *et al.*, 1977), e nos últimos vinte anos a intensificação desta prática ocorreu em diversos países (BUSCHMANN *et al.* 1996; RETAMALES *et al.*, 1994; TROELL *et al.*, 1997; QIAN *et al.*, 1996; NEORI *et al.*, 2004). Em 1996, QIAN *et al.* obtiveram na China elevadas taxas de crescimento para a macroalga do gênero *Kappaphycus* mantidas em sistemas de cultivo integrado a ostras do gênero *Pinctata*. No Chile, foram observados avanços significativos na remoção de nutrientes utilizando *Gracilaria chilensis* em efluentes de cultivo de salmão, demonstrando que as macroalgas podem alcançar taxas de crescimento quatro vezes maior que as obtidas em bancos naturais (RETAMALES *et al.*, 1994; BUSCHMANN *et al.* 1996; TROELL *et al.*, 1997). Na Austrália, JONES *et al.* (2001)

avaliaram, em escala laboratorial, a eficiência da absorção de nutrientes de *Gracilaria edulis* em sistemas integrados com ostras abastecidos por efluentes de camarão. Foi também realizada na Itália a redução dos rejeitos de cultivo de peixe utilizando tanques conectados em série contendo *Ulva rigida* (PORRELLO *et al.*, 2003). Recentemente, TYLER & MCGLATHERY (2006) realizaram experimentos em campo e em laboratório utilizando *Gracilaria vermiculophylla* para determinar a assimilação e liberação de nitrogênio sob diferentes condições de cultivo. Da mesma forma, foram realizados experimentos envolvendo *G. lemaneiformis* na costa chinesa (YANG *et al.*, 2006), indicando excelentes resultados de biorremediação.

Estudos envolvendo as macroalgas como biofiltro, no Brasil, tiveram início em 2002, no estado do Rio Grande do Norte, onde MARINHO-SORIANO *et al.* utilizaram *Gracilaria birdiae* no tratamento de efluentes oriundos da carcinicultura. Além de pioneiro, este trabalho apontou as elevadas concentrações de matéria particulada em suspensão e de nutrientes como os principais fatores a serem considerados em tal tipo cultivo. Desde então, outros estudos vêm sendo realizados para a determinação da capacidade de biofiltração e avaliação do crescimento de algumas espécies de macroalgas (COSTA, 2006; NUNES, 2006; CARNEIRO, 2007).

O gênero *Gracilaria* Greville (Rhodophyta) tem sido considerado o mais atrativo para a maricultura integrada. Isso se deve ao grande potencial deste gênero em gerar produtos de elevados valores comerciais (agar-agar, alimentação humana, ração e outros), aliado às altas taxas de crescimento em cultivos, ampla tolerância aos fatores ambientais e à grande diversidade de espécies passíveis de serem cultivadas (DAWES *et al.*, 1999). Além disso, estudos envolvendo diferentes espécies de *Gracilaria* vêm demonstrando grande eficiência desse gênero na biorremediação de efluentes provenientes da maricultura (JONES *et al.*, 2001; MSUYA & NEORI, 2002; YANG *et al.*, 2006; MARINHO-SORIANO *et al.* 2002, 2006; ZHOU *et al.*, 2006; TYLER & MCGLATHERY, 2006; CARNEIRO, 2007).

Mesmo tendo em vista o promissor potencial de crescimento deste gênero em ambientes eutrofizados, dificuldades no cultivo de *Gracilaria* em viveiros ainda são encontradas. Limitações no desenvolvimento relacionadas aos processos de aclimação, absorção de nutrientes e aos diversos fatores ambientais deixam em aberto uma grande lacuna no entendimento do comportamento deste gênero nestes ambientes. Com isso, torna-se cada vez mais necessário a realização de estudos “*in*

situ” que busquem elucidar as relações fisiológicas e dos fatores ambientais relevantes no desenvolvimento das macroalgas.

2 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como objetivo avaliar o crescimento da macroalga *Gracilaria birdiae* em condições eutróficas em um viveiro de camarão (*Litopenaeus vannamei*).

2.1 Objetivos específicos

- Analisar as variações de biomassa e das taxas de crescimento de *G. birdiae* ao longo do período experimental em diferentes profundidades (superfície, 10 e 20 cm).
- Analisar a influência da profundidade e dos fatores ambientais (íon amônio, nitrito, nitrato, ortofosfato, temperatura, salinidade, pH, turbidez, transparência, evaporação, precipitação, insolação e radiação solar acumulada) nas taxas de crescimento de *G. birdiae*.
- Gerar modelos de crescimento que identifiquem os parâmetros ambientais influentes nas variações das taxas de crescimento de *G. birdiae*.

3 CARACTERIZAÇÃO DA ESPÉCIE ESTUDADA

3.1 Taxonomia

Rhodophyta

Eurhodophytina

Florideophyceae

Rhodymeniophycidae

Gracilariales

Gracilariaceae

Gracilaria

Gracilaria birdiae Plastino & Oliveira

3.2 Morfologia e distribuição (PLASTINO & OLIVEIRA, 2002)

Talo ereto, cilíndrico, de coloração rósea a vinácea, medindo até 46 cm de altura e 2,3 mm de diâmetro. As ramificações são comumente de segunda ordem podendo alcançar até a quarta ordem. Os ramos são subdicotômicos a unilaterais, com um ou mais eixos principais. A fixação ao substrato ocorre por um pequeno apressório discóide (Fig. 01).

Esta macroalga é comumente encontrada sobre substratos duros no infralitoral ou em regiões entre marés, estando presente em todos os períodos do ano na região litorânea do nordeste brasileiro (Ceará até Bahia) e se estendendo até a região norte do Estado do Espírito Santo (limites 03°S – 20°S).

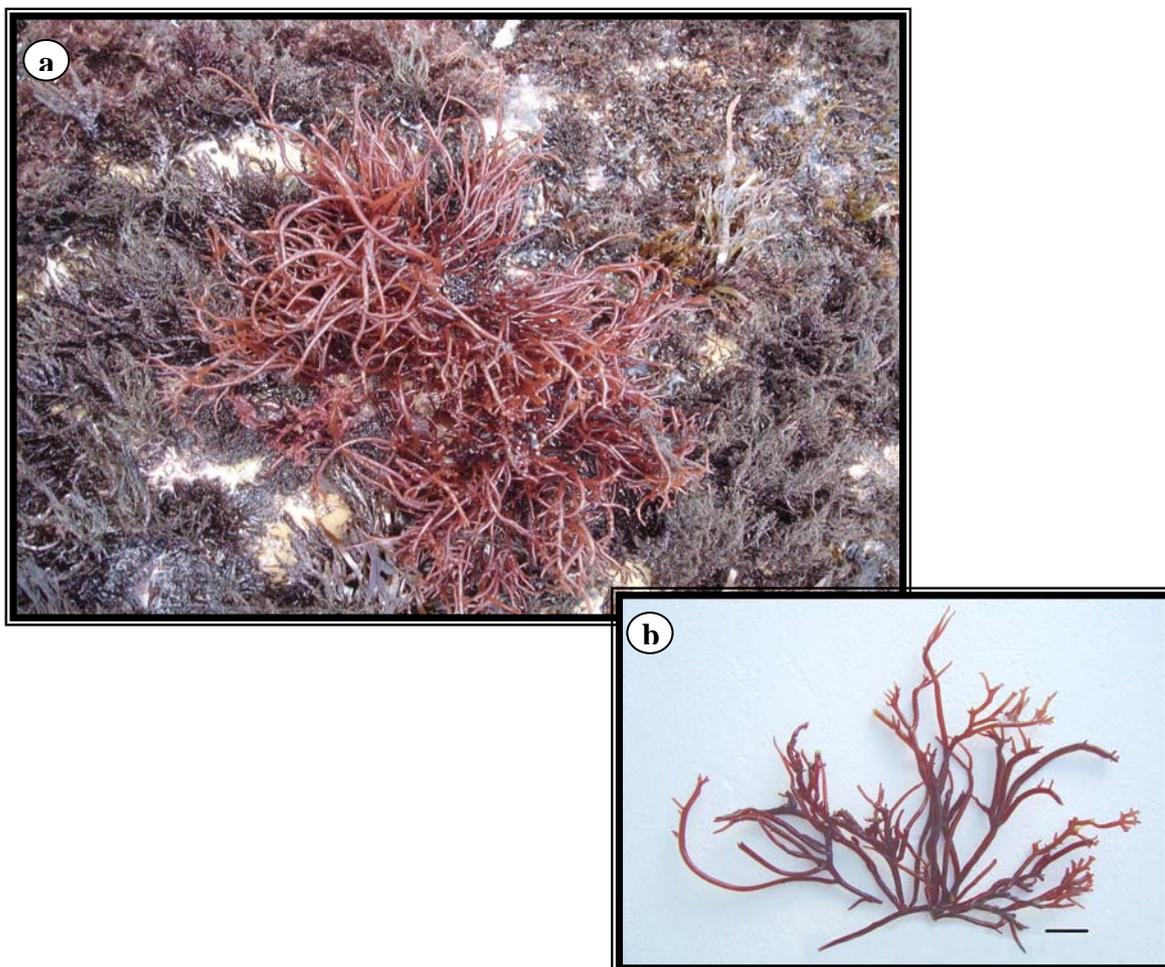


Figura 1: Aspecto geral de *Gracilaria birdiae*. b: Detalhe da espécie estudada (escala = 2 cm).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local de coleta

A coleta da macroalga *G. birdiae* foi realizada no dia 10 de setembro de 2006 em bancos naturais da praia do cotovelo (05°54'S – 035°15'W), localizada no litoral sul do Estado do Rio Grande do Norte (Fig. 02). Esta praia é caracterizada pela presença de faixas recifais formadas por arenito que ficam expostas durante o período de maré baixa.

As macroalgas foram coletadas manualmente na região do médiolitoral e rapidamente armazenadas em recipientes isotérmicos contendo água do mar. Durante o processo de coleta foram selecionados os espécimes aparentemente em bom estado fisiológico e sem sinais de despigmentação.

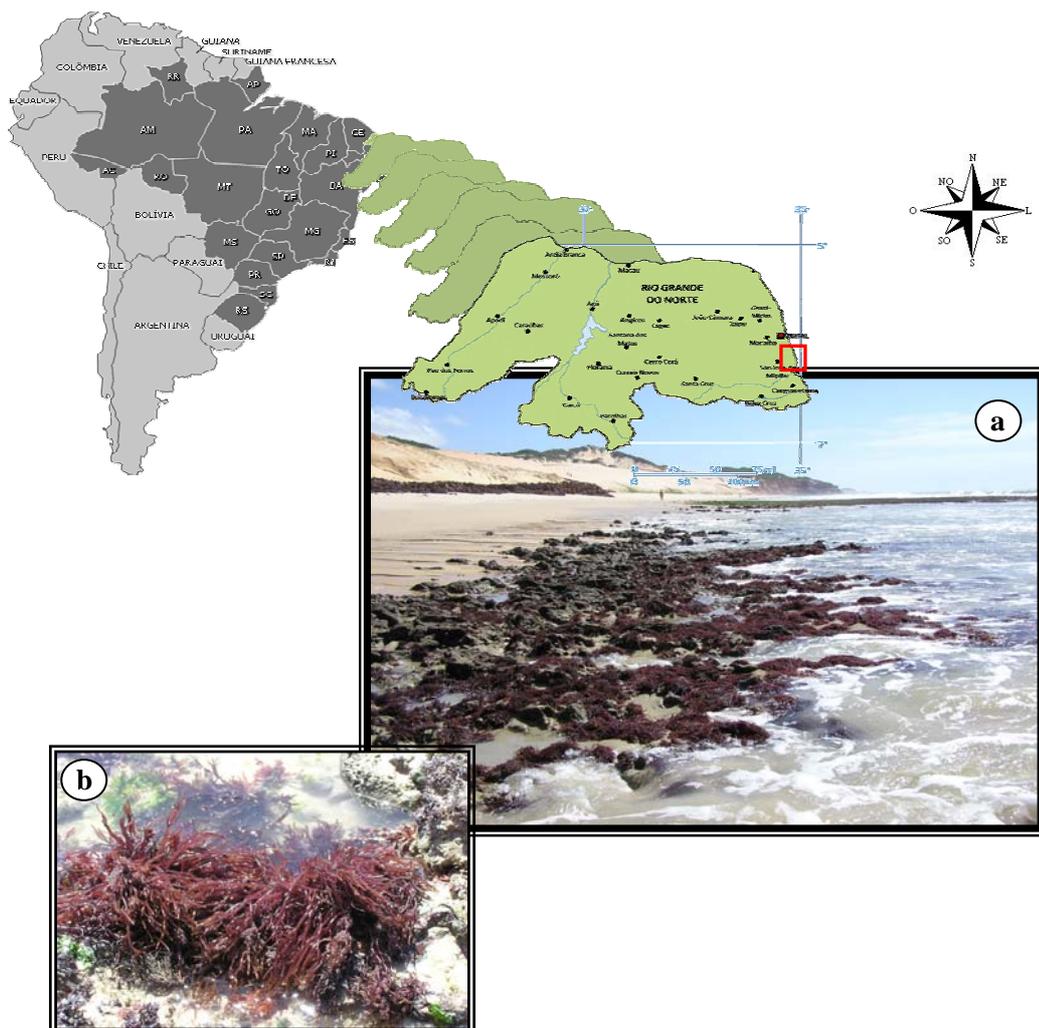


Figura 2: Local de coleta de *Gracilaria birdiae*. a: Praia de Cotovelo. b: Detalhe da região de coleta.

Após a coleta, as macroalgas foram transportadas ao Laboratório de Macroalgas do Departamento de Oceanografia e Limnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte para a retirada de epífitas e outros organismos associados. Em seguida foram selecionadas frondes que aparentemente não apresentavam estrutura de reprodução, lesões ou manchas em seus tecidos. Após essa triagem, as mesmas foram pesadas (balança digital BS3000A) e amarradas em mudas de 15 gramas com fio de algodão (Fig. 03)

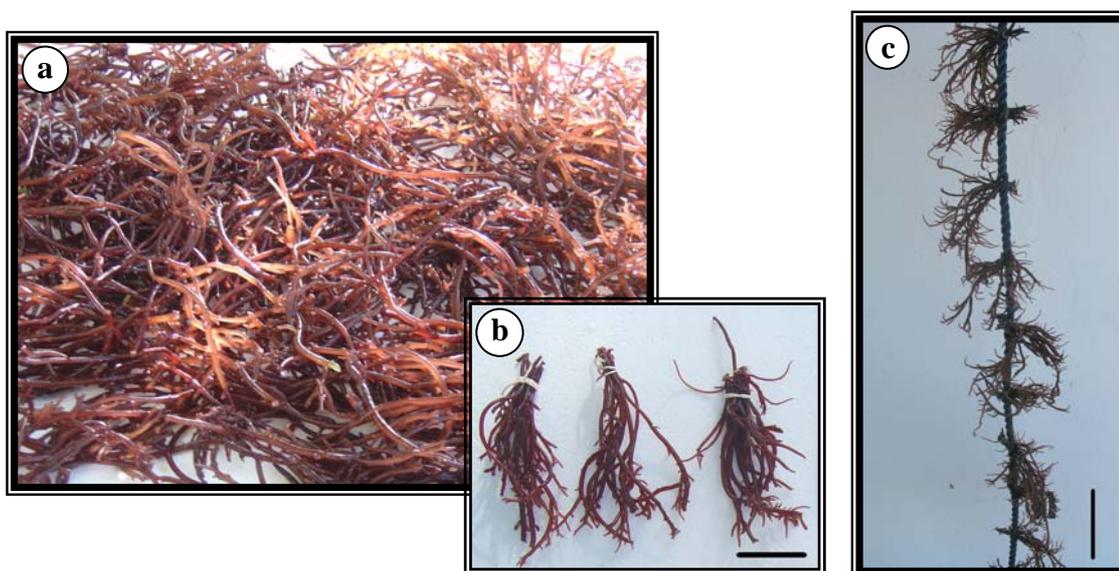


Figura 3: Processo de produção de mudas de *G. birdiae*. a: Seleção de frondes saudáveis. b: Formação de mudas (escala = 5 cm). c: Inserção das mudas em cordas (escala = 10 cm).

4.2 Local do experimento

O experimento foi realizado na fazenda Primar, localizada no município de Tibau do Sul, no litoral meridional do Estado do Rio Grande do Norte (06°11'S - 035°05'W). Esta região é banhada pelo complexo estuarino-lagunar Nísia Floresta - Papeba - Guarairas, também pertencente aos municípios de Nísia Floresta, Senador Georgino Avelino, Goianinha e Arês (Fig.04). O clima é tropical subquente semi-úmido, com a temperatura variando entre 19 e 28°C e a pluviosidade anual normalmente flutua entre 1800 e 3000 mm. A média da umidade relativa anual fica

em torno de 76%. A intensidade luminosa é abundante e o fotoperíodo é regular e uniforme (ARAÚJO *et al.*, 2001).

O experimento foi realizado em um viveiro de 7,1 hectares e profundidade média de 60 cm. Nele é realizado um sistema de aquicultura orgânica, com os cultivos de camarão isentos de produtos químicos, pesticidas, transgênicos, antibióticos e hormônios. Não há presença de aeradores nem mecanismos de movimentação de água (Fig.04).

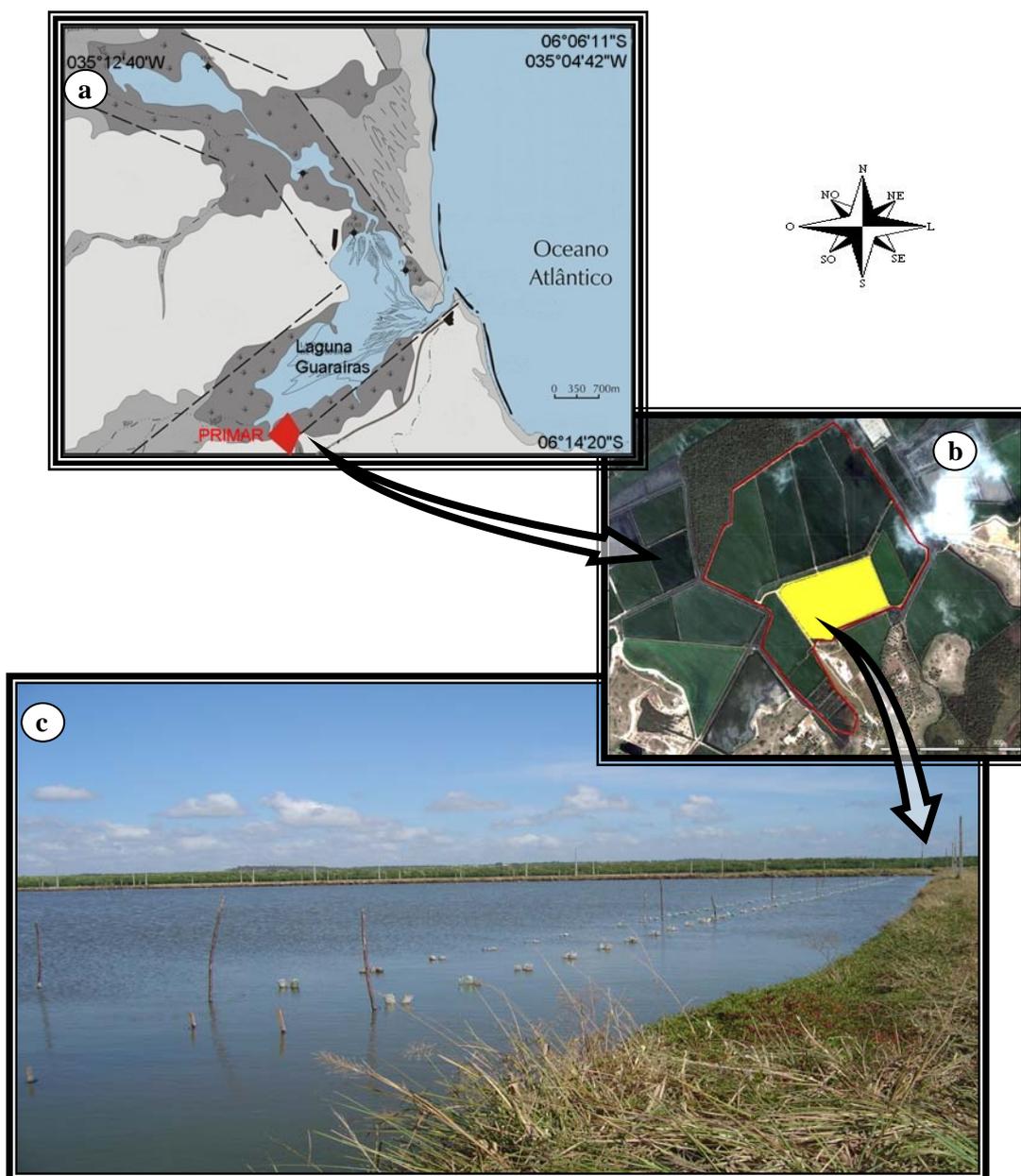


Figura 4: Local de cultivo de *G. birdiae*. Fazenda PRIMAR – Município de Tibau do Sul, RN. a: Complexo estuarino-lagunar Nísia Floresta – Papeba – Guarairas. b: Imagem aérea da Fazenda Primar. c: Viveiro utilizado no experimento.

4.3 Sistema de cultivo

O cultivo de *G. birdiae* foi planejado para empregar estruturas de cordas “longline”, rotineiramente utilizado em cultivos de algas. Essa técnica visa otimizar o uso da área cultivável sem gerar conflitos com os outros organismos cultivados, sendo de fácil manejo e de baixo custo financeiro.

As mudas de macroalgas foram inseridas nas cordas de polipropileno (5 mm) a cada 10 cm de distância. Cada corda continha 10 mudas (15 g), o que totalizava 150g de *G. birdiae* em 100 cm (Fig. 03).

As estruturas de cultivos (módulos) eram compostas por 4 cordas (repetições) presas em suas extremidades a canos de PVC (Fig. 05b). Esses módulos foram colocados em profundidades distintas, superfície (módulo I), 10 cm (módulo II) e 20 cm (módulo III), com o auxílio de estacas de madeira fixas ao fundo do viveiro (Fig.05a). As profundidades foram escolhidas devido à elevada quantidade de material em suspensão e aos estudos pretéritos envolvendo cultivo em viveiros (JONES *et al.* 2001; MARINHO-SORIANO *et al.* 2002).

O experimento teve duração de 35 dias, sendo realizado entre os meses de setembro e outubro de 2006.

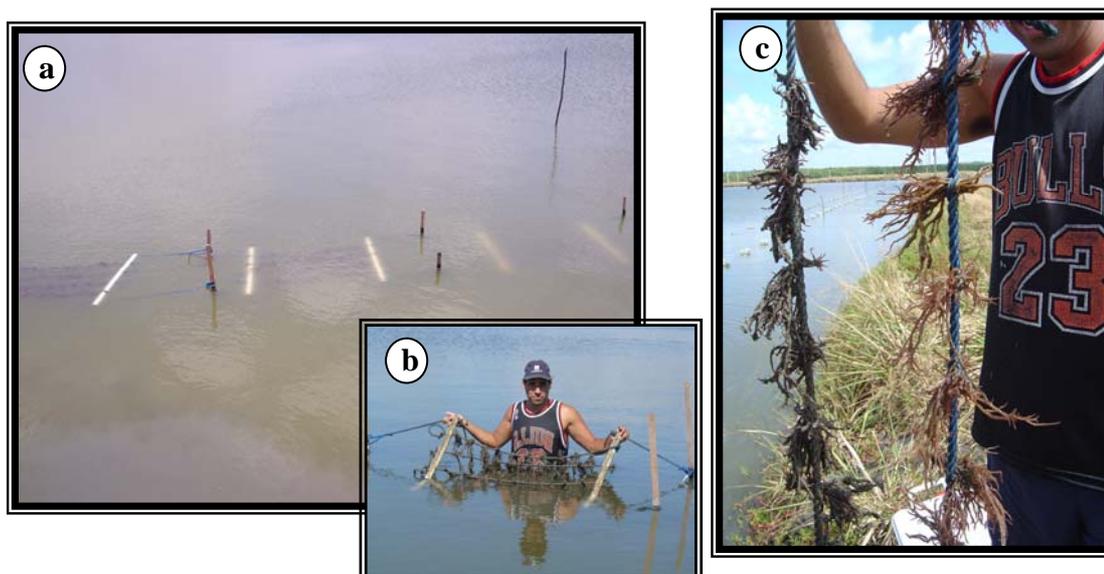


Figura 5: Experimento em campo. a: Estrutura de cultivo colocada no viveiro da fazenda PRIMAR – RN. b: Detalhe do módulo de cultivo c: Retirada para limpeza e pesagem das cordas

4.4 Determinação dos parâmetros ambientais

Os parâmetros ambientais, nas três profundidades, foram monitorados semanalmente (em triplicata) durante todo o período de cultivo. Para a determinação da temperatura (°C), salinidade (PSU), turbidez (NTU) e condutividade ($\mu\text{S}\cdot\text{m}^2$) foi utilizado o aparelho multiparâmetro (Horiba U-10) e para a mensuração da transparência da água (cm) utilizou-se o disco de Secchi.

Para a análise dos nutrientes, íon amônio (NH_4^+), nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^{2-}) e ortofosfato (PO_4^{3-}), foram coletadas amostras de água do viveiro, que foram adequadamente armazenadas em frascos de polietileno e levadas ao Laboratório de Macroalgas. A análise do nitrato foi realizada através da redução em nitrito (HERNÁNDEZ-LÓPEZ & VARGAS-ALBORES, 2003 - modificado) a partir do contato direto entre a amostra e os grânulos de cádmio ativados com sulfato de cobre. As concentrações de NH_4^+ foram determinadas através do método de azul de indofenol e o PO_4^{3-} pelo método do azul de molibdênio (STRICKLAND & PARSONS, 1972).

Os dados meteorológicos diários (pluviosidade, evaporação e insolação) foram obtidos no Centro de Meteorologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Os dados sobre a variação da radiação solar acumulada ocorrida durante o período de estudo foram obtidos no endereço eletrônico do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climatológicos (CPTEC - www.cptec.inpe.br).

4.5 Determinação da biomassa e taxa de crescimento

Semanalmente foram realizadas as remoções das cordas do viveiro para a retirada de sedimento aderido aos talos. Após este processo de limpeza, eram feitas as pesagens de biomassa úmida das macroalgas (balança de campo tríplice escala, marca JB) e, imediatamente, a recolocação das cordas no viveiro. As estimativas do crescimento diário das cordas foram obtidas pela taxa de crescimento específico (TCE), a partir da fórmula (LOBBAN & HARRISON, 1994):

$$\text{TCE (\%}\cdot\text{dia}^{-1}) = [100 \cdot \text{Ln (Pf-Pi)}] / t$$

Pf = peso úmido final
Pi = peso úmido inicial
t = tempo de cultivo em dias.

4.6 Percentual de perda de biomassa

O percentual de perda de biomassa de cada módulo foi calculado semanalmente pela fórmula:

$$\text{Perda (\%)} = [(PC_s - PC_{s-1}) \cdot 100] \cdot PTM_{s-1}^{-1}$$

PC_s = peso úmido da corda na semana
PC_{s-1} = peso úmido da corda na semana anterior
PTM_{s-1} = peso úmido total do módulo na semana anterior

Para o cálculo de perda de biomassa, foram excluídas as cordas que apresentaram ganho de peso.

4.7 Análises estatísticas

Os dados de crescimento e dados abióticos foram analisados primeiramente no tocante às premissas exigidas para o cumprimento da parametricidade através dos Testes de Kolmogorov-Smirnov (normalidade) e Teste de Levene (homocedasticidade), como proposto por ZAR (1999). As análises inferenciais, análises de variância e análises de regressão múltipla foram efetuadas utilizando-se o programa Statistica® 6.0.

As análises de variância foram utilizadas a fim de comparar a significância dos valores médios entre os tratamentos e entre os diferentes períodos amostrais. Para as comparações dos valores médios de biomassa, das taxas de crescimento e das perdas de biomassa, foram utilizadas análises de Friedman e para o “*post hoc*” o teste de Tukey. Para os parâmetros ambientais foram realizadas análises de Kruskal-Wallis (dados não paramétricos) ou ANOVA one way (dados paramétricos).

O teste de Dunn's (dados não paramétricos) e o teste de Tukey (dados paramétricos) foram utilizados para discriminar as diferenças significativas apontadas pelas análises de variância.

A regressão linear múltipla (backward stepwise) foi realizada com a finalidade da obtenção de modelos que associassem a TCE aos parâmetros ambientais analisados em cada profundidade. No presente trabalho, foram aceitos os modelos que apresentaram nível de significância de 95% ($\alpha = 0,05$).

5 RESULTADOS

5.1 Fatores abióticos

As variáveis ambientais (temperatura, salinidade, turbidez, pH, transparência, íon amônio, ortofosfato, nitrito e nitrato) nas diferentes profundidades testadas não apresentaram diferenças significativas durante o período de estudo. No entanto, estas mesmas variáveis ao serem comparadas semanalmente mostraram diferenças estatisticamente significativas (Tab.01).

5.1.1 Temperatura

As oscilações neste parâmetro foram bastante evidentes, havendo um gradativo aumento a partir da terceira semana de cultivo (Fig. 06). O valor mínimo foi registrado na primeira semana de experimento ($26,7^{\circ}\text{C} \pm 0,1$) e o máximo registrado na quinta semana ($28,5^{\circ}\text{C} \pm 0,1$). A temperatura da água do viveiro apresentou a média de $27,3^{\circ}\text{C} \pm 0,5$ durante o período de estudo (Tab. 01). Foram observadas diferenças significativas deste parâmetro entre os níveis de tratamento, exceto entre os valores medianos de temperaturas da segunda e quarta semana (Kruskal-Wallis; G.L = 4; H = 40,72; $p < 0,001$).

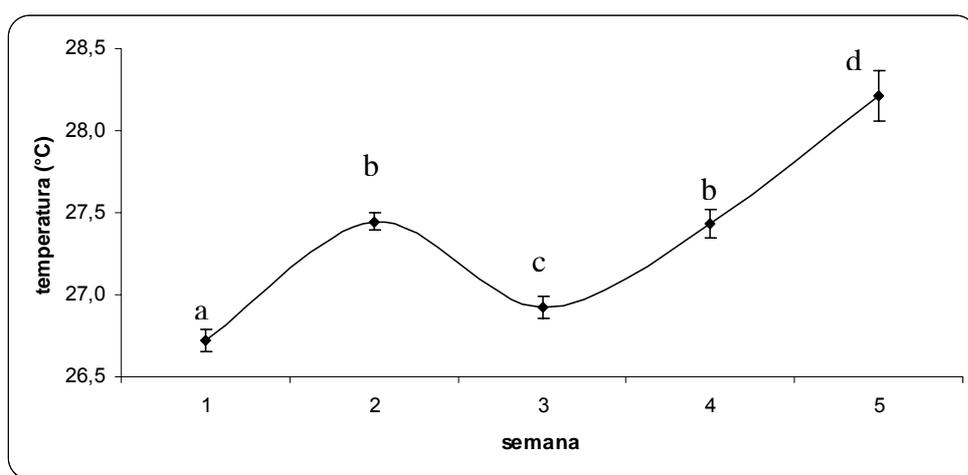


Figura 6: Valores de temperatura obtidos durante o período de cultivo de *G. birdiae*. Os pontos correspondem aos valores médios semanais \pm desvios padrões. Letras diferentes acima dos pontos indicam diferenças significativas entre as semanas (Teste de Dunn's; $p < 0,05$).

5.1.2 Salinidade

A salinidade apresentou um gradativo e significativo aumento durante o período de cultivo, sendo registrado um mínimo de 27,9 PSU \pm 0,1 na primeira semana de cultivo e um máximo de 33,9 PSU \pm 0,1 na última semana (Fig.07). A salinidade média durante o período de experimento foi 31,2 PSU \pm 2,0 (Tab. 1). As comparações entre os níveis de todos os tratamentos (semana de cultivo) para a salinidade diferiram estatisticamente (Kruskal-Wallis; G.L = 4; H = 42,41; $p < 0,001$).

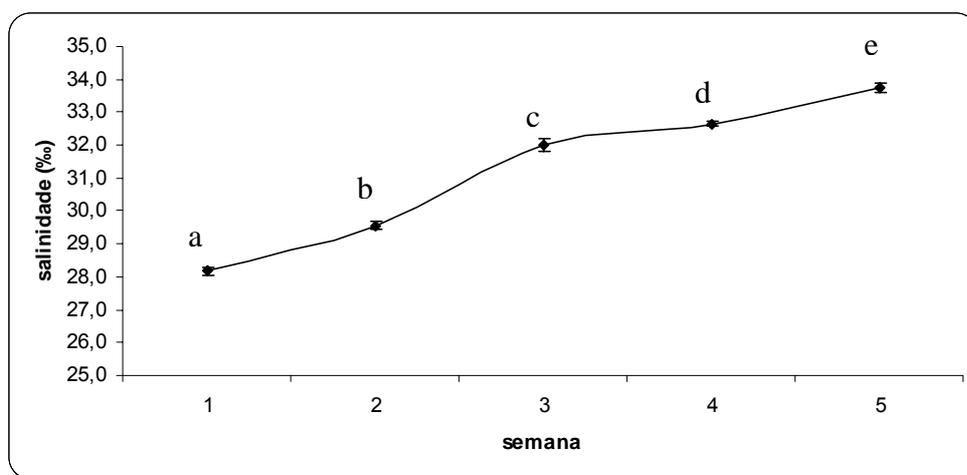


Figura 7: Valores de salinidade obtidos durante o período de cultivo de *G. birdiae*. Os pontos correspondem aos valores médios semanais \pm desvios padrões. Letras diferentes acima dos pontos indicam diferenças significativas entre as semanas (Teste de Dunn's; $p < 0,05$).

5.1.3 Turbidez

A turbidez da água oscilou entre os valores 35 NTU \pm 4,0 e 116,0 NTU \pm 9,5, encontrados respectivamente na primeira e última semana de cultivo (Fig.08). O valor médio para o período de estudo foi de 76,0 NTU \pm 21,6 (Tab. 1). A turbidez registrada na primeira semana diferiu significativamente das quatro semanas seguintes. Entretanto, semelhanças neste parâmetro foram evidenciadas entre a segunda e quarta semana e entre a terceira e quinta semana de experimento (ANOVA; G.L = 4; F = 74,23; $p < 0,001$)

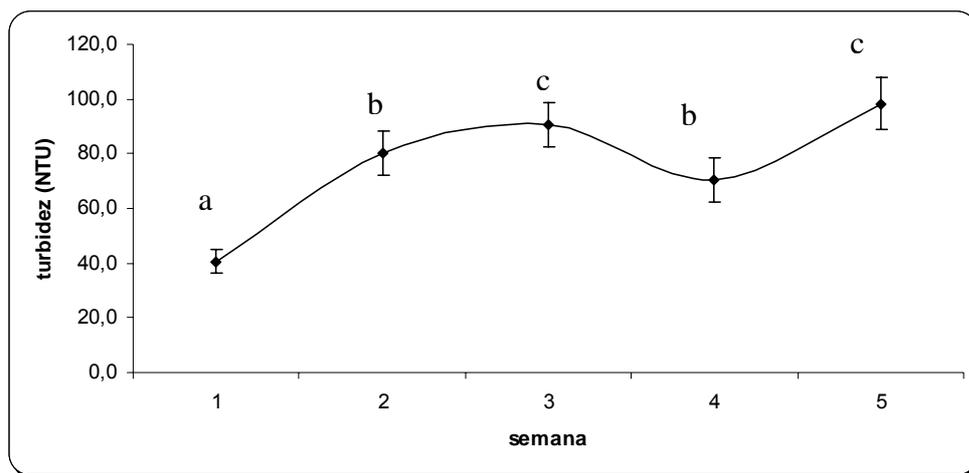


Figura 8: Valores de turbidez obtidos durante o período de cultivo de *G. birdiae*. Os pontos correspondem aos valores médios semanais \pm desvios padrões. Letras diferentes acima dos pontos indicam diferenças significativas entre as semanas (Teste de Tukey; $p < 0,05$).

5.1.4 pH

A primeira semana é marcada pelo registro do menor pH da água durante o período de cultivo ($7,5 \pm 0,0$). Este valor aumentou bruscamente na segunda semana, chegando a $8,4 \pm 0,0$. A partir daí, os valores flutuaram entre 8,1 e o valor máximo 8,5 (Fig.9). A média do pH da água durante as cinco semanas foi $8,18 \pm 0,35$, o que denotou um pH levemente alcalino (Tab. 1). Foram observadas diferenças significativas entre todas as semanas de cultivo, exceto entre a segunda e a quinta semana (ANOVA; G.L = 4; $F = 773,36$; $p < 0,001$).

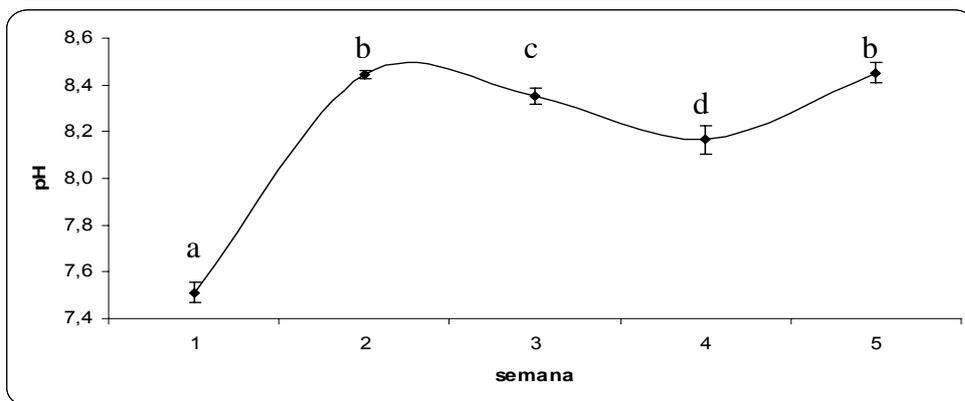


Figura 9: Valores de pH obtidos durante o período de cultivo de *G. birdiae*. Os pontos correspondem aos valores médios semanais \pm desvios padrões. Letras diferentes acima dos pontos indicam diferenças significativas entre as semanas (Teste de Tukey; $p < 0,05$).

5.1.5 Transparência da água

Este parâmetro apresentou variações durante todo período de estudo, salientando leves quedas durante a terceira (27,5 cm \pm 1,5) e quinta (28,2 cm \pm 1,7) semana de cultivo. Foram observados também dois picos máximos, encontrados na segunda (31 cm \pm 2,0) e quarta (30,6 cm \pm 1,5) semana (Fig. 10). Os valores de transparência variaram entre 25 e 33 cm de profundidade. A média encontrada durante o experimento foi de 29,4 cm \pm 2,3. (Tab. 1). Foram observadas diferenças significativas entre as médias da transparência da água durante o período de estudo. Entretanto, a transparência na primeira semana não diferiu significativamente das demais (ANOVA; G.L = 4; F = 5,30, p < 0,002).

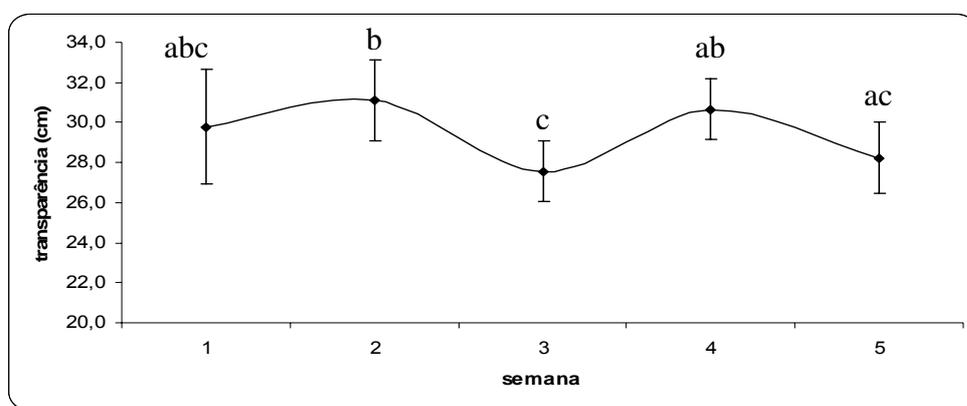


Figura 10: Valores de transparência obtidos durante o período de cultivo de *G. birdiae*. Os pontos correspondem aos valores médios semanais \pm desvios padrões. Letras diferentes acima dos pontos indicam diferenças significativas entre as semanas (Teste de Tukey; p < 0,05).

5.1.6 Precipitação Pluviométrica

A dinâmica da precipitação é marcada pela presença de dois picos máximos, ocorridos durante a primeira (2,6 mm \pm 2,9) e quinta (1,5 mm \pm 3,2) semana de cultivo, e por valores muito próximos de zero nas semanas intermediárias. A quantidade de chuva ocorrida durante o experimento variou de zero a 8,9 mm (Fig. 11). Em média choveu 0,97 mm \pm 2,17 durante o período de cultivo (Tab. 1). Não houve diferença significativa entre os valores semanais médios de precipitação (ANOVA; G.L = 4; F = 5,08; p = 0,278).

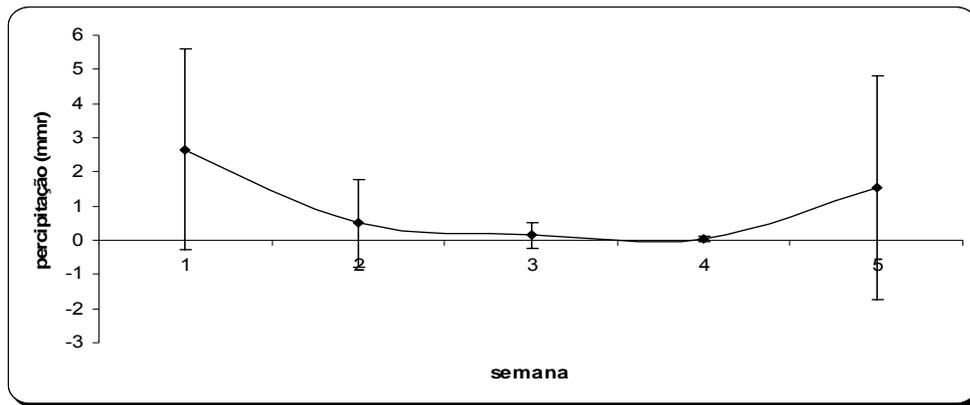


Figura 11: Valores de precipitação obtidos durante o período de cultivo de *G. birdiae*. Os pontos correspondem aos valores médios semanais \pm desvios padrões.

5.1.7 Evaporação

O volume de evaporação apresentou aumento até a quarta semana de experimento, quando alcançou $7,4 \text{ mm} \pm 0,2$. Na semana seguinte, este parâmetro mostrou uma leve redução, sendo registrado o valor de $6,0 \text{ mm} \pm 0,4$ (Fig. 12). Ao longo do estudo a evaporação teve a sua amplitude entre $4,0$ e $7,7 \text{ mm}$, ocorridos entre a primeira e terceira semana respectivamente. A média foi de $6,17 \text{ mm} \pm 0,93$ (Tab. 1). A evaporação média ocorrida durante a primeira semana diferiu estatisticamente da terceira e quarta semana de estudo (ANOVA; G.L = 4; F = 20,22; $p < 0,001$).

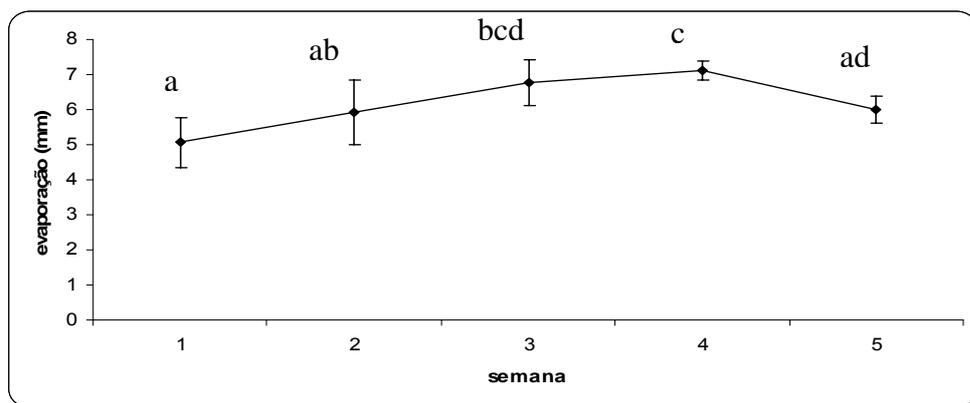


Figura 12: Valores de evaporação obtidos durante o período de cultivo de *G. birdiae*. Os pontos correspondem aos valores médios semanais \pm desvios padrões. Letras diferentes acima dos pontos indicam diferenças significativas entre as semanas (Teste de Tukey; $p < 0,05$).

5.1.8 Insolação

A insolação mostrou-se uniforme durante todo o período de cultivo (Fig. 13). Esse parâmetro variou de $8,3 \text{ horas}\cdot\text{dia}^{-1} \pm 1,0$ (primeira semana) a $10,8 \text{ horas}\cdot\text{dia}^{-1} \pm 0,7$ (quarta semana), com média de $9,6 \text{ horas}\cdot\text{dia}^{-1} \pm 0,7$ (Tab. 1). Não foram observadas diferenças significativas entre os valores semanais (ANOVA; G.L = 4; F = 1,07; p = 0,388).

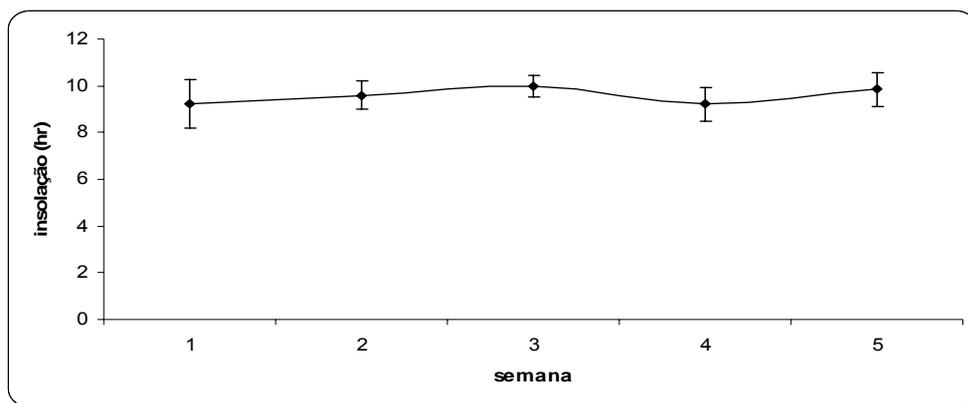


Figura 13: Valores de insolação obtidos durante o período de cultivo de *G. birdiae*. Os pontos correspondem aos valores médios semanais \pm desvios padrões.

5.1.9 Radiação solar acumulada (RSA)

A dinâmica da radiação é marcada por dois períodos, o primeiro englobando as duas primeiras semanas, com valores médios abaixo de $2,14 \text{ MJ}\cdot\text{m}^2$, e o segundo com as semanas seguintes, com valores maiores que $3,38 \text{ MJ}\cdot\text{m}^2$ (Fig. 14). O mínimo de radiação recebida ocorreu durante a segunda semana ($0,55 \text{ MJ}\cdot\text{m}^2 \pm 0,8$) e o máximo durante a terceira semana ($5,08 \text{ MJ}\cdot\text{m}^2 \pm 0,9$). A radiação solar média foi de $2,84 \text{ MJ}\cdot\text{m}^2 \pm 1,02$ (Tab. 1). Não houve diferenças significativas entre os valores obtidos nas duas primeiras semanas tampouco entre as três últimas semanas de experimento (ANOVA; G.L = 4; F = 6,91; p < 0,001).

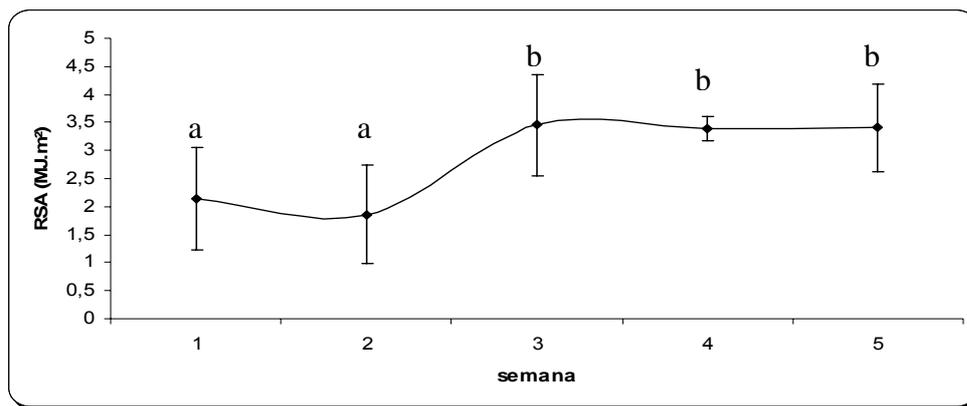


Figura 14: Valores de radiação solar acumulada obtidos durante o período de cultivo de *G. birdiae*. Os pontos correspondem aos valores médios semanais \pm desvios padrões. Letras acima dos pontos indicam diferenças significativas entre as semanas (Teste de Tukey; $p < 0,05$).

5.1.10 Nitrito (NO_2^{2-})

Durante o experimento foram registrados dois picos de concentração de nitrito. Um ocorrido na segunda semana ($0,50 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1} \pm 0,0$), e o outro na quinta semana ($0,52 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1} \pm 0,0$) (Fig. 15). A concentração de nitrito no viveiro variou entre $0,39$ e $0,68 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ durante o período de estudo. A concentração média foi $0,46 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1} \pm 0,071$ (Tab. 1). Foram observadas diferenças estatísticas semanais entre as concentrações de nitrito. Entretanto, a concentração da terceira semana não diferiu das demais semanas de experimento (ANOVA; G.L = 4; $F = 15,42$; $p = 0,004$).

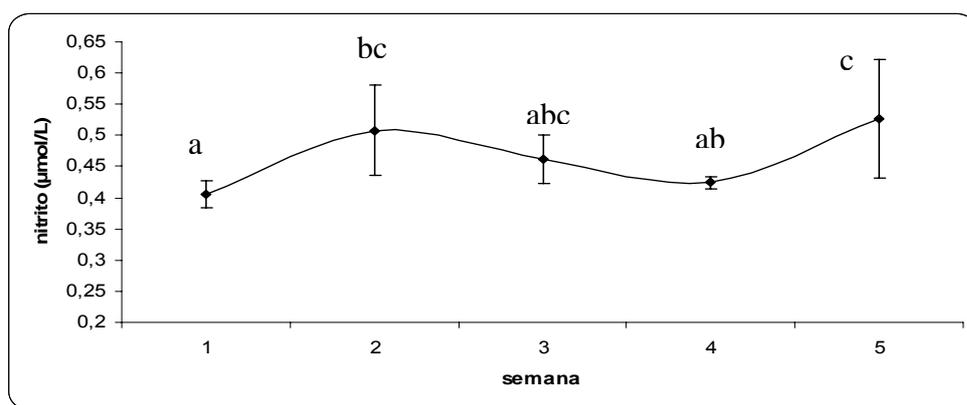


Figura 15: Valores de nitrito obtidos durante o período de cultivo de *G. birdiae*. Os pontos correspondem aos valores médios semanais \pm desvios padrões. Letras diferentes acima dos pontos indicam diferenças significativas entre as semanas (Teste de Tukey; $p = 0,05$).

5.1.11 Nitrato (NO_3^-)

Os valores semanais de nitrato apresentaram comportamentos quase que antagônicos quando comparados com as concentrações de nitrito (Fig. 16). O valor mínimo ($0,14 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1} \pm 0,1$) ocorreu na terceira semana e o máximo ($1,03 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1} \pm 0,1$) na quarta semana de experimento (Tab. 1). Pôde-se observar a formação de dois grupos: o primeiro formado pelas três primeiras semanas e segundo formado pelas últimas duas semanas de cultivo (ANOVA; G.L = 4; F = 19,81; $p < 0,05$).

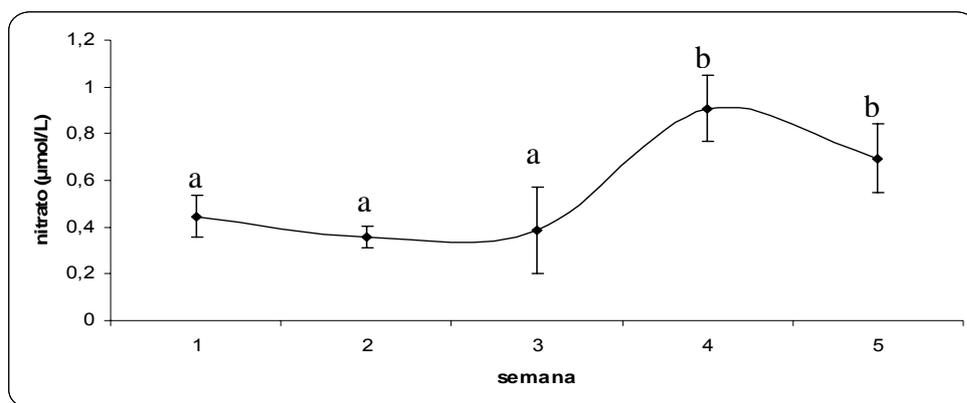


Figura 16: Valores de nitrato obtidos durante o período de cultivo de *G. birdiae*. Os pontos correspondem aos valores médios semanais \pm desvios padrões. Letras diferentes acima dos pontos indicam diferenças significativas entre as semanas (Teste de Tukey; $p < 0,05$).

5.1.12 Íon amônio (NH_4^+)

A concentração de íon amônio na água do viveiro apresentou um único pico durante o período de experimento, registrado na terceira semana de cultivo (Fig. 17). A concentração mínima ($1,689 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1} \pm 0,8$) foi registrada na quinta semana e a máxima ($15,150 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1} \pm 2,3$) na terceira semana. A média deste nutriente para todo o experimento foi $6,91 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1} \pm 3,40$. Foram observadas diferenças estatísticas entre as concentrações semanais. Contudo, não foi observada variação significativa entre as concentrações da terceira e quarta semana de cultivo (ANOVA; G.L = 4; F = 24,69; $p < 0,001$).

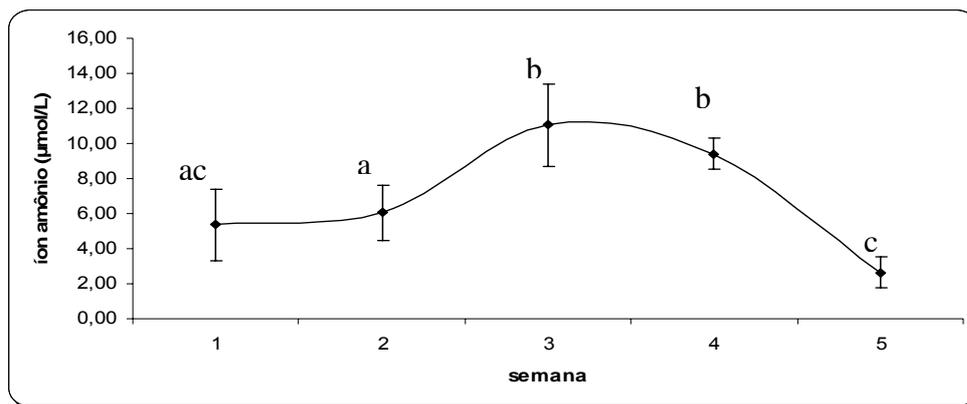


Figura 17: Valores de íon amônio durante o período de cultivo de *G. birdiae*. Os pontos correspondem aos valores médios semanais \pm desvios padrões. Letras diferentes acima dos pontos indicam diferenças significativas entre as semanas (Teste de Tukey; $p < 0,05$).

5.1.13 Ortofosfato (PO_4^{3-})

As duas primeiras semanas de cultivo são marcadas por apresentarem valores médios iguais ($1,96 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$). Na terceira semana houve uma leve redução na concentração de ortofosfato ($1,50 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1} \pm 0,3$) seguida por um pico na quarta semana ($3,14 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1} \pm 0,0$). A quinta semana foi caracterizada por uma brusca queda na concentração ($0,31 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1} \pm 0,2$) (Fig. 18). Os valores deste parâmetro flutuaram entre $0,13$ e $3,22 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, encontrados na quinta e quarta semanas respectivamente. A média durante o período de estudo foi $1,93 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1} \pm 1,02$ (Tab. 01). Não houveram diferenças significativas entre as concentrações das três primeiras semanas de cultivo (Kruskal-Wallis; $G.L = 4$; $H = 20,27$; $p < 0,001$).

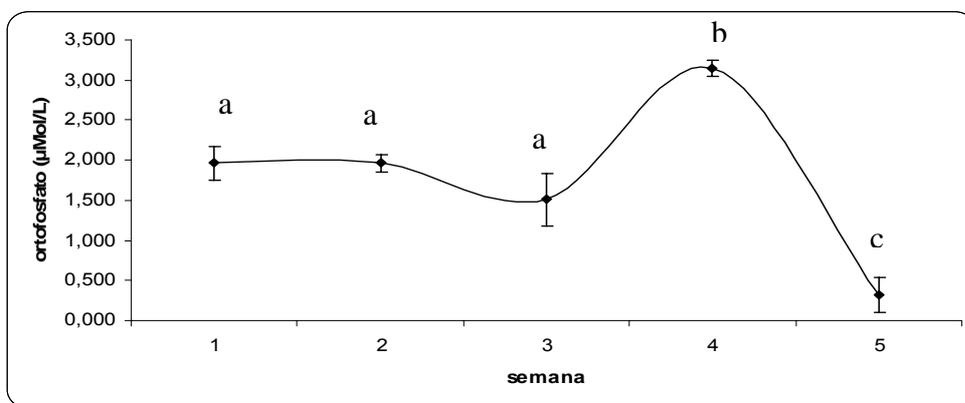


Figura 18: Valores de ortofosfato durante o período de cultivo de *G. birdiae*. Os pontos correspondem aos valores médios semanais \pm desvios padrões. Letras diferentes acima dos pontos indicam diferenças significativas entre as semanas (Teste de Dunn's; $p < 0,05$).

Tabela 1: Valores mínimos e máximos, média \pm desvio padrão, e análise de variância/ Kruskal-Wallis dos parâmetros ambientais obtidos durante o período de cultivo de *G.birdiae* no viveiro de camarão da fazenda PRIMAR – RN.

	Variação (min – max)	Média \pm Desv. Pad.	Entre profundidades		Entre semanas	
			F [■] /H [●]	P	F [■] /H [●]	p
<i>Temperatura (°C)</i>	26,7 - 28,5	27,3 \pm 0,5	1,543 [●]	0,462	40,729 [●]	<0,001*
<i>Salinidade (PSU)</i>	27,9 - 33,9	31,2 \pm 2,0	0,589 [●]	0,745	42,412 [●]	<0,001*
<i>Turbidez (NTU)</i>	35,0 - 116,0	76,0 \pm 21,6	0,300 [●]	0,861	74,235 [■]	<0,001*
<i>pH</i>	7,5 - 8,5	8,1 \pm 0,3	2,562 [●]	0,278	773,366 [■]	<0,001*
<i>Transparência (cm)</i>	25,0 - 33,0	29,4 \pm 2,3	1,079 [●]	0,583	5,304 [■]	0,002**
<i>Nitrito ($\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)</i>	0,39 - 0,68	0,46 \pm 0,07	0,192 [●]	0,908	15,420 [■]	0,004**
<i>Nitrato ($\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)</i>	0,14 - 1,03	0,55 \pm 0,24	3,928 [●]	0,140	19,816 [■]	<0,001*
<i>Íon Amônio ($\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)</i>	1,68 - 15,15	6,91 \pm 3,40	0,824 [■]	0,449	24,697 [■]	<0,001*
<i>Ortofosfato ($\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)</i>	0,13 - 3,22	1,93 \pm 1,02	0,0803 [■]	0,923	20,27 [●]	<0,001*
<i>Precipitação (mm)</i>	0,00 - 8,90	0,97 \pm 2,17	-	-	5,087 [■]	0,278
<i>Evaporação (mm)</i>	4,00 - 7,70	6,17 \pm 0,93	-	-	20,221 [■]	<0,001*
<i>Insolação (hr)</i>	8,3 - 10,8	9,6 \pm 0,7	-	-	1,072 [■]	0,388
<i>Radiação solar acumulada (MJ/m^2)</i>	0,55 - 5,08	2,84 \pm 1,02	-	-	6,912 [■]	<0,001*

(*) Variações altamente significativas (P < 0,001) e (**) Variações significativas (P < 0,05)

●: (H) - Kruskal-Wallis

■: (Fcal.) - One Way ANOVA

5.2 Variação de biomassa

Todos os módulos apresentaram no final do experimento biomassa superior ao inóculo inicial. As algas cultivadas na superfície tiveram uma evolução bastante distinta das algas mantidas nas outras profundidades. Durante as três primeiras semanas de cultivo a biomassa aumentou de forma quase linear, iniciando com 162,5 g na primeira semana, alcançando 176,6 g na terceira semana e caindo para 171,7 g na semana seguinte. A biomassa tornou a aumentar a partir da quinta semana, quando alcançou o máximo de 188 g (Fig. 19a). O valor mínimo foi 150 g, registrado na primeira semana de cultivo, e o máximo foi 222 g, registrado na quinta semana. A média alcançada durante o período experimental foi $169,9 \text{ g} \pm 12,8$. Não foram observadas diferenças significativas entre as semanas de cultivo ($H_0 = 3,600$; $p_0 = 0,463$).

O módulo mantido na profundidade de 10 cm manteve a maior biomassa quando comparado com os outros módulos durante todo o período de estudo. A variação de biomassa nesta profundidade é marcada por acréscimos até a quarta semana de cultivo (206,8 g), seguida por uma diminuição na última semana de experimento (203,6 g) (Fig. 19b), O mínimo foi observado na primeira semana (171,0 g) e o máximo (223,5 g) alcançado na quinta semana. A biomassa média foi de $186,3 \text{ g} \pm 22,7$. A análise de variância indicou diferenças significativas entre as biomassas semanais ($H_{10} = 11,800$; $p_{10} = 0,019$), com o Teste de Tukey apontando semelhanças entre a biomassa das três últimas semanas.

As algas mantidas a 20 cm de profundidade apresentaram uma evolução de biomassa muito semelhante as do módulo mantido a 10 cm. Na primeira semana foi registrado 167,1 g de massa úmida, que se manteve mais ou menos constante até a semana posterior (168,5 g). Na terceira semana foi observado um aumento significativo da biomassa (195,6 g), mantendo-se constante até o final do experimento (Fig. 19c). O menor valor de biomassa foi registrado na quarta semana de cultivo (157 g) e o maior na primeira semana (223,5 g). A biomassa média durante todo o período de estudo foi de $180,4 \text{ g} \pm 21,4$. Não houve diferença significativa entre a biomassa das duas primeiras semanas e nem entre as três últimas semanas de cultivo ($H_{20} = 21,893$; $p_{20} < 0,001$).

Comparações entre as profundidades apontaram diferenças significativas entre as variações de biomassa dos módulos mantidos a superfície e 10 cm ($H = 15,367$; $p < 0,001$).

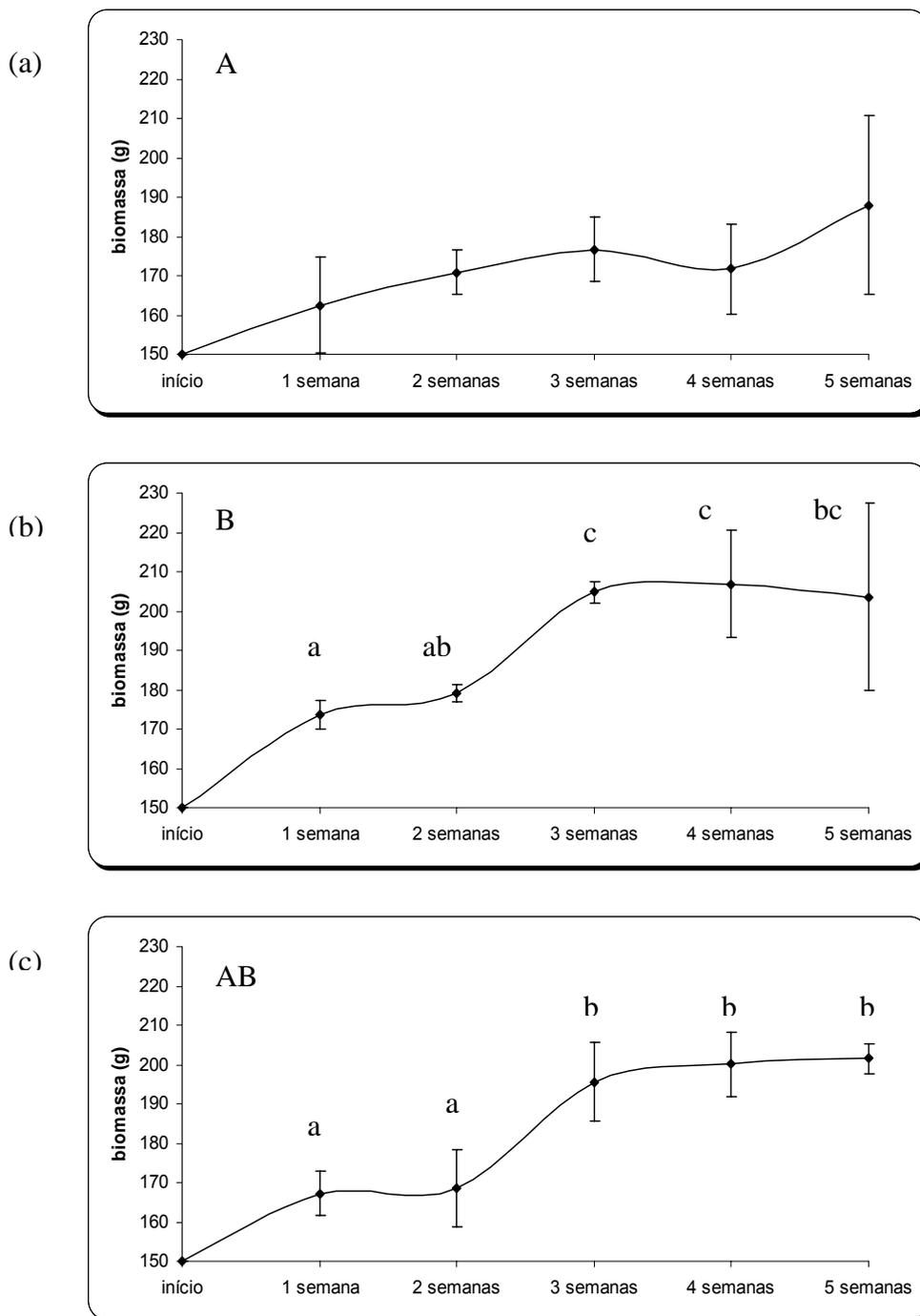


Figura 19: Variação de biomassa (g) durante o período de cultivo de *G. birdiae* no viveiro de camarão da fazenda PRIMAR: a: Cultivo mantido na superfície. b: Cultivo a 10 cm de profundidade. c: Cultivo a 20 cm de profundidade. Os pontos correspondem aos valores médios semanais \pm desvios padrões. Letras minúsculas diferentes acima dos pontos indicam diferenças significativas entre as semanas e letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as profundidades (Teste de Tukey; $p < 0,05$).

As perdas de biomassa do módulo superficial ocorreram a partir da segunda semana de cultivo (0,15%) e aumentaram gradativamente até a quarta semana, quando alcançaram o valor de 0,37%. Na semana posterior, esse valor reduziu para 0,07% (Fig. 20). Em geral, esse módulo apresentou uma perda média de biomassa de $0,16\% \pm 0,14$. Graficamente, pôde-se perceber uma relação positiva da perda de biomassa com os parâmetros evaporação (Fig. 21a) e uma relação inversa com a precipitação (Fig. 21b). Foi observado que as menores perdas ocorreram durante a primeira e quinta semana de cultivo, quando foram registrados os maiores valores de precipitação e menores valores de evaporação.

As algas mantidas a 10 cm de profundidade não apresentaram perdas de biomassa até a terceira semana (Fig. 20). Porém, perdas ocorridas na quarta e quinta semana (0,19 e 0,91%) fizeram com que esse módulo obtivesse a maior redução de biomassa dentre os tratamentos testados. Em média, as algas mantidas nesta profundidade perderam $0,22\% \pm 0,19$ da biomassa.

O módulo posicionado a 20 cm de profundidade teve a perda de biomassa média de $0,20\% \pm 0,21$. As algas apresentaram reduções durante a segunda (0,30%), quarta (0,49%) e quinta (0,21%) semanas de experimento (Fig. 20). Não foram encontradas diferenças significativas entre as perdas ocorridas nos módulos ($H = 0,389$; $p = 0,67$), e entre as perdas semanais ($F_0 = 0,809$; $p_0 = 0,543$ / $H_{10} = 8,50$; $p_{10} = 0,075$ / $H_{20} = 4,69$; $p_{20} = 0,32$).

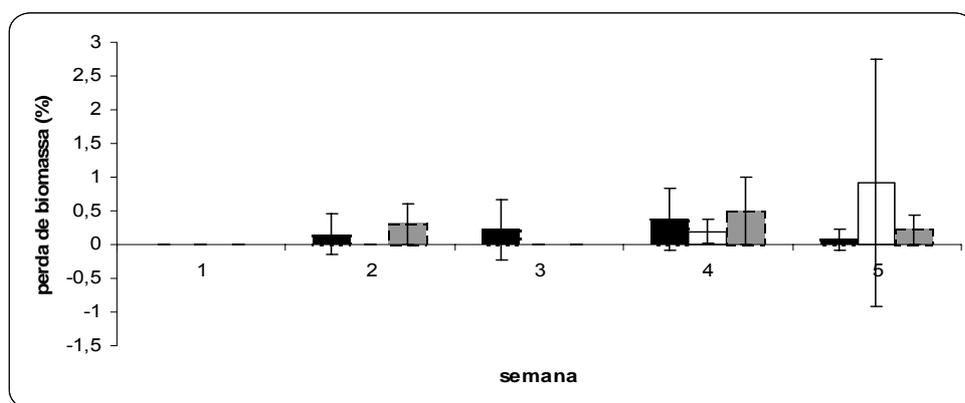


Figura 20: Perda de biomassa (%) durante o período de cultivo de *G. birdiae* no viveiro de camarão da fazenda PRIMAR – RN. ■: Cultivo mantido na superfície. □: Cultivo a 10 cm de profundidade. ■: Cultivo a 20 cm de profundidade. As barras correspondem aos valores médios semanais \pm desvios padrões.

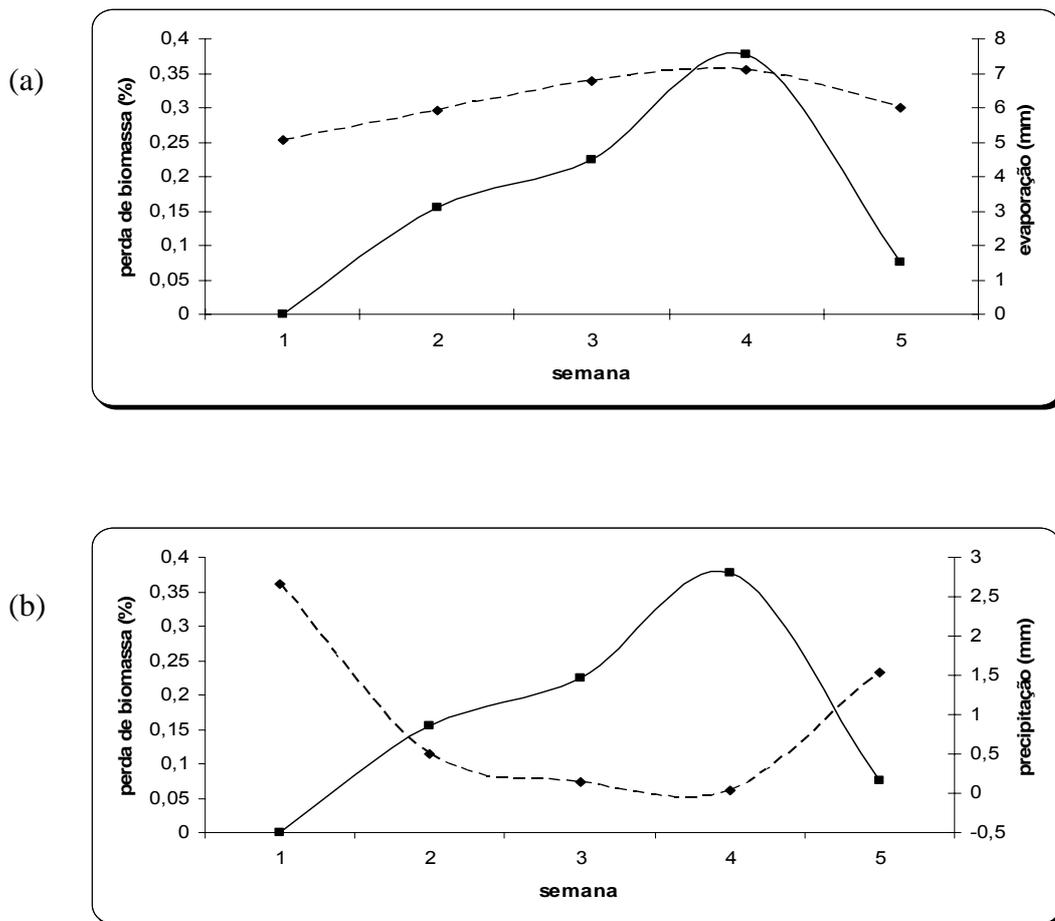


Figura 21: Perda de biomassa de *G. birdiae* mantida na superfície. a: Correlação gráfica com a evaporação (mm). b: Correlação gráfica com a precipitação. (—): perda de biomassa, (---): parâmetro ambiental.

5.3 Taxa de crescimento específico (TCE)

As algas mantidas na superfície apresentaram um declínio na taxa de crescimento específico (TCE) até a quarta semana de experimento, quando alcançaram valores negativos. Na semana seguinte as algas deste módulo obtiveram aumento no crescimento, alcançando o valor de $0,92\% \cdot \text{dia}^{-1} \pm 1,06$ (Fig. 22a). O mínimo de crescimento foi de $-0,61\% \cdot \text{dia}^{-1}$, obtido na quarta semana de cultivo, e o máximo foi $2,34\% \cdot \text{dia}^{-1}$, observado na quinta semana. A média da TCE durante todo o experimento foi de $0,36 \pm 0,57\% \cdot \text{dia}^{-1}$. De forma inversa à perda de biomassa, pôde-se obter uma relação da TCE das algas desta profundidade com o parâmetro evaporação e com a precipitação pluviométrica.

Na profundidade de 10 cm, as macroalgas apresentaram flutuações na TCE durante todo o cultivo. Foi observada a presença de dois picos de crescimento, ocorridos na primeira e terceira semana, com valores médios de $1,05\% \cdot \text{dia}^{-1} \pm 0,16$ e $0,81\% \cdot \text{dia}^{-1} \pm 0,12$ respectivamente (Fig. 22b). O valor mínimo de crescimento ocorreu na quinta semana de experimento ($-2,97\% \cdot \text{dia}^{-1}$) e o máximo foi alcançado na primeira semana de cultivo ($1,28\% \cdot \text{dia}^{-1}$). A TCE média para as algas desta profundidade foi $0,38 \pm 0,96\% \cdot \text{dia}^{-1}$.

De forma muito semelhante ao módulo intermediário, a TCE das algas mantidas a 20 cm de profundidade apresentou picos de crescimento na primeira ($0,75\% \cdot \text{dia}^{-1} \pm 0,25$) e terceira ($0,87\% \cdot \text{dia}^{-1} \pm 0,40$) semanas de cultivo (Fig. 22c). A menor taxa de crescimento foi $-0,59\% \cdot \text{dia}^{-1}$ e a maior foi $1,28\% \cdot \text{dia}^{-1}$, alcançadas na quarta e terceira semanas respectivamente. A taxa de crescimento média durante o período de estudo foi $0,38 \pm 0,54\% \cdot \text{dia}^{-1}$.

As análises de variância individuais dos módulos não apontaram diferenças significativas entre as TCE das cinco semanas (superfície: $F_0 = 1,653$; $p_0 = 0,225$ / 10 cm: $F_{10} = 1,287$; $p_{10} = 0,329$ / 20 cm: $F_{20} = 2,319$; $p_{20} = 0,116$). Tampouco foram registradas diferenças nas TCE das algas entre as três profundidades ($F = 0,01$; $p = 0,99$).

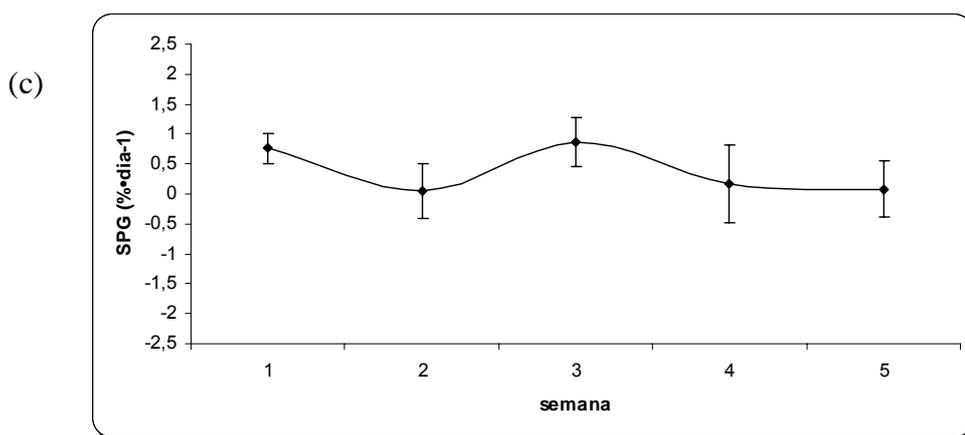
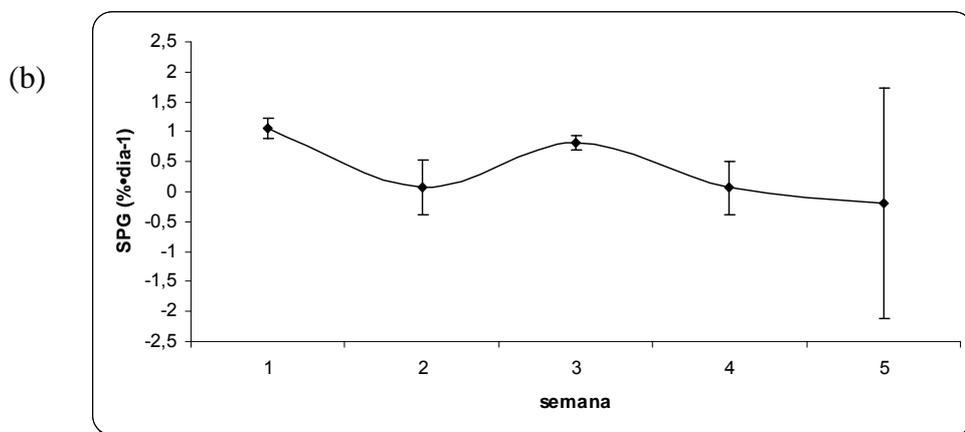
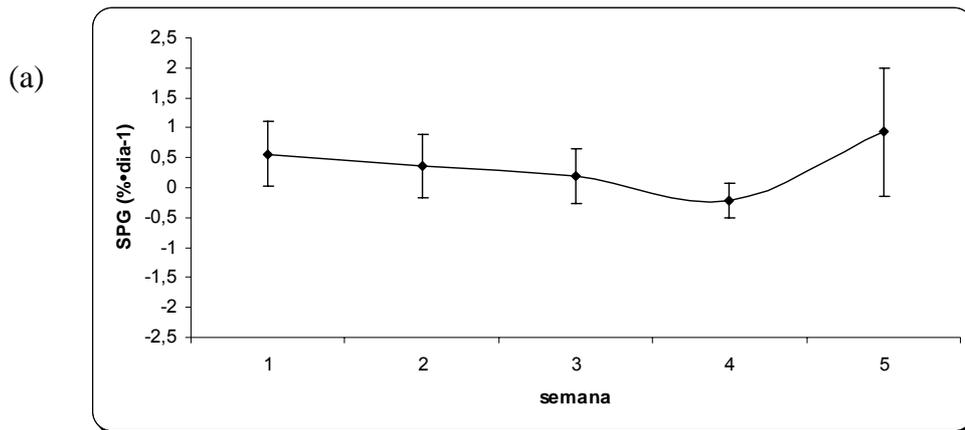


Figura 22: Variação da taxa de crescimento específico (TCE) de *G. birdiae* durante o período de estudo no viveiro da Fazenda PRIMAR – RN. a: cultivo mantido na superfície. b: cultivo a 10 cm de profundidade. c: cultivo a 20 cm de profundidade.

5.4 Análises de Regressão Linear Múltipla

Através da regressão linear múltipla, foi possível obter diferentes modelos relacionados à taxa de crescimento e a influência conjunta dos fatores ambientais medidos para cada profundidade.

As algas do módulo I tiveram as taxas de crescimento associadas significativamente aos fatores ambientais temperatura, salinidade, pH, ortofosfato, íon amônio e precipitação ($r = 0,81$; $p < 0,05$). Foi possível observar que 66% da variação da taxa de crescimento estiveram diretamente associadas à combinação destas variáveis independentes ($R^2 = 0,66$). O modelo gerado mostrou uma correlação positiva entre os valores ocorridos e os valores previstos. Porém, entre os valores previstos zero e $0,1\% \cdot \text{dia}^{-1}$, o modelo apresentou maiores imprecisões (Fig. 23). Os fatores temperatura e íon amônio atuaram de forma positiva no crescimento de *G. birdiae*. Por outro lado, a variável salinidade, pH, ortofosfato e precipitação atuaram de forma inversamente proporcional (Tab. 3).

$$\text{TCE} = -12,649 + (0,878 * \text{Temperatura}) - (0,0881 * \text{Salinidade}) - (1,089 * \text{pH}) - (0,572 * \text{Ortofosfato}) + (0,207 * \text{Íon amônio}) - (0,0323 * \text{Precipitação})$$

Tabela 2: Parâmetros da regressão que fizeram parte do modelo de regressão linear múltipla utilizando TCE como variável dependente ($n = 35$).

	Coefficiente	Erro padrão	p
Intercessão	-12,649	4,284	0,006
Temperatura	0,878	0,267	0,003
Salinidade	-0,0881	0,0286	0,005
pH	-1,089	0,352	0,004
Ortofosfato	-0,572	0,158	<0,001
Íon Amônio	0,207	0,0819	0,017
Precipitação	-0,0323	0,0140	0,028

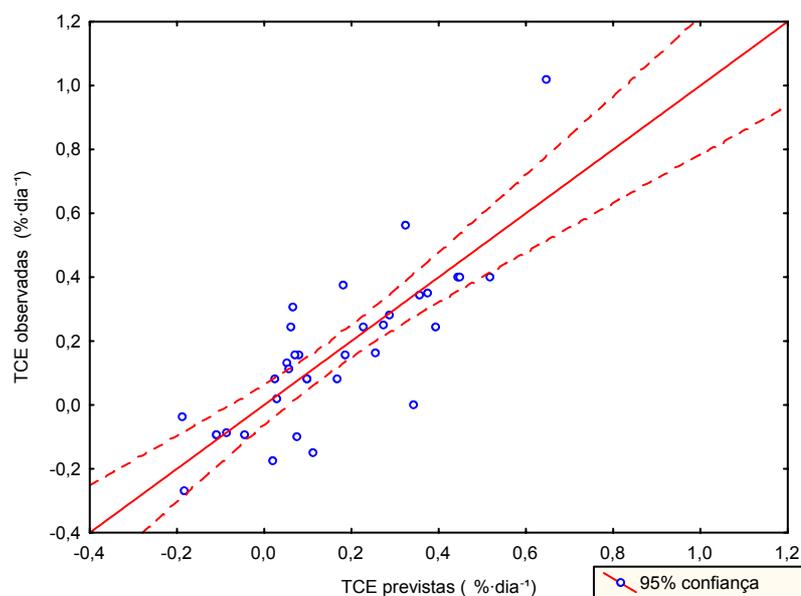


Figura 23: Relação entre valores previstos e observados para TCE de *G. birdiae* cultivadas na superfície no viveiro da Fazenda PRIMAR – RN ($p < 0,005$).

O módulo mantido a 10 cm de profundidade apresentou as taxas de crescimento das algas relacionadas significativamente aos fatores temperatura, turbidez e pH ($r = 0,81$; $p < 0,05$) (Tab. 4).

Nesta profundidade, as taxas de crescimento correlacionaram-se ao nível de 66% aos parâmetros ambientais ($R^2 = 0,66$) onde, a turbidez atuou de forma positiva e a temperatura e o pH atuaram de forma negativa no crescimento. Nesta profundidade houve uma ligação linear positiva entre os valores de TCE observados e os valores esperados. A maioria das taxas de crescimento obtidas entre zero e $-0,2\% \text{dia}^{-1}$ estiveram abaixo dos valores previstos pelo o modelo (Fig. 23).

$$\text{TCE} = 16,105 - (0,414 * \text{Temperatura}) + (0,0132 * \text{Turbidez}) - (0,680 * \text{pH})$$

Tabela 3: Parâmetros da regressão que fizeram parte do modelo de regressão linear múltipla utilizando TCE como variável dependente (n = 34).

	Coefficiente	Erro padrão	p
Intercessão	16,105	2,326	<0,001
Temperatura	-0,414	0,0904	<0,001
Turbidez	0,0132	0,00252	<0,001
pH	-0,680	0,164	<0,001

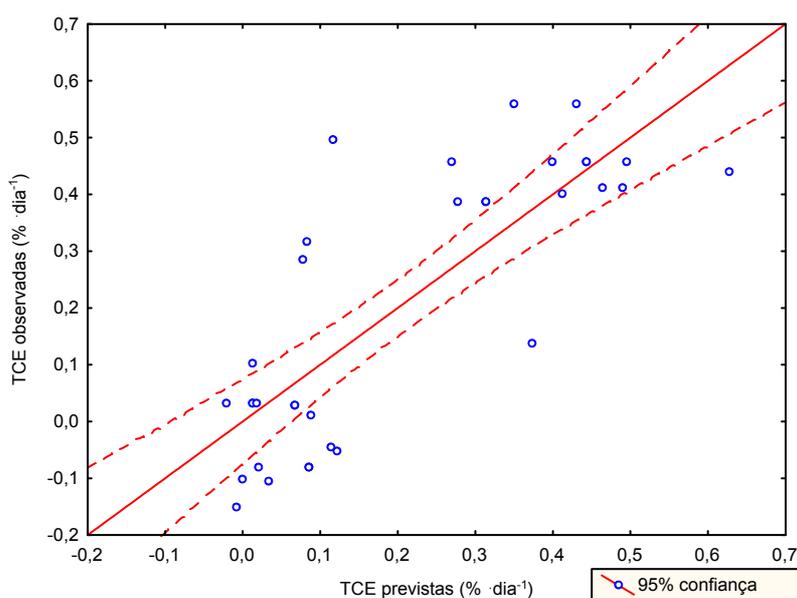


Figura 24: Relação entre valores previstos e observados para TCE de *G. birdiae* cultivadas a 10 cm de profundidade no viveiro da Fazenda PRIMAR – RN ($p < 0,005$).

As taxas de crescimento para os módulos mantidos a 20 cm de profundidade mantiveram-se associadas às variáveis íon amônio, ortofosfato, e turbidez ($r = 0,78$; $p < 0,05$) (Tab. 5). Baseado na regressão múltipla pôde-se observar que 62% da variação das TCE estão associados a estes fatores ($R^2 = 0,62$). As taxas de crescimento previstas entre os intervalos de zero a $-0,1\% \cdot \text{dia}^{-1}$ apresentaram a maioria dos valores fora do intervalo de confiança gerado pelo modelo (Fig. 24).

$$\text{TCE} = 0,919 - (0,009 * \text{Turbidez}) + (0,049 * \text{Íon amônio}) - (0,198 * \text{Ortofosfato})$$

Tabela 4: Parâmetros da regressão que fizeram parte do modelo de regressão linear múltipla utilizando TCE como variável dependente (n = 35).

	Coefficiente	Erro padrão	p
Intercessão	0,919	0,141	<0,001
Turbidez	-0,009	0,001	<0,001
Íon amônio	0,049	0,008	<0,001
Ortofosfato	-0,198	0,034	<0,001

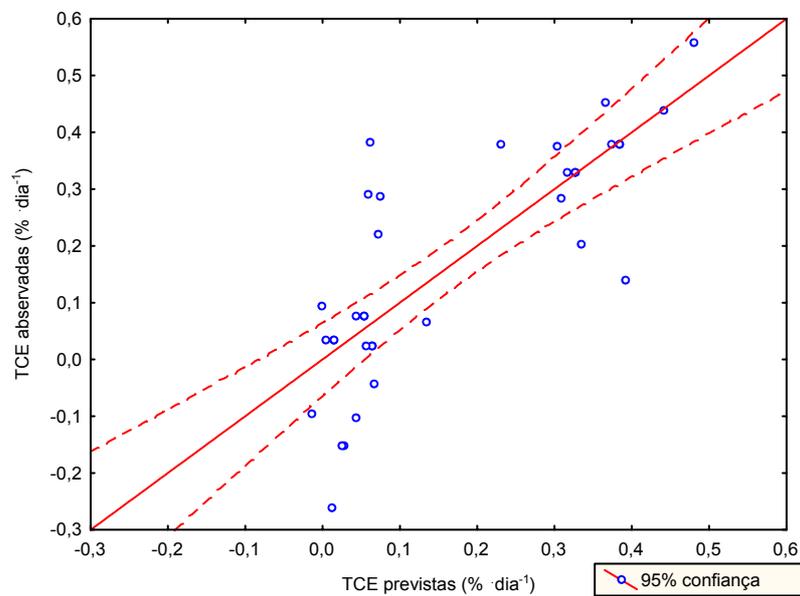


Figura 25: Relação entre valores previstos e observados para TCE de *G. birdiae* cultivadas a 20 cm de profundidade no viveiro da Fazenda PRIMAR – RN ($p < 0,005$).

6 DISCUSSÃO

Estudos pretéritos demonstraram que o desenvolvimento das macroalgas em cultivo integrado pode estar diretamente relacionado à turbidez, disponibilidade de nutrientes e à movimentação da água (JONES *et al.*, 2001; MSUYA & NEORI, 2002; PORRELLO *et al.*, 2003; CHIRAPART & LEWMANOMONT, 2004). Entretanto, esses estudos não contemplam de forma conjunta ou não englobam grandes quantidades de parâmetros ambientais, o que pode por muitas vezes levar a conclusões precipitadas sobre o desenvolvimento e a fisiologia das macroalgas. Em geral, estudos envolvendo este tipo de cultivo não consideraram os efeitos da profundidade por serem realizados em tanques ou em ambientes rasos.

No presente trabalho, a variação de biomassa sugere que as profundidades atuaram de forma relevante no desenvolvimento *G. birdiae*. Isso, de certa forma, indica que mesmo em pequenas diferenças de profundidade, as macroalgas são submetidas a distintas ações dos fatores ambientais. Embora a massa d'água entre as profundidades seja quase homogênea quanto à composição física e química, os efeitos relacionados à turbidez e à penetração de luz fazem com que as macroalgas tenham respostas distintas no seu desenvolvimento. Considerações semelhantes sobre a penetração de luz em ambientes eutróficos são apontadas por DE CASABIANCA *et al.* (1997).

Durante o período de experimento foram observadas grandes quantidades de lama e argila aderidas ao talo de *G. birdiae*. Essa camada de sedimento dificulta a penetração de luz e nutrientes, afetando a capacidade fotossintética e a capacidade de absorção desses organismos (JONES *et al.* 2001). Consequentemente, essa incrustação leva a processos de necrose tecidual e fragmentação do talo. Outro problema gerado por essa aderência é o aumento de peso das frondes, onde em casos de grande incrustação de sedimento, as macroalgas têm seus talos rompidos pelo excesso de peso e consequentemente, a sua produtividade reduzida.

Neste estudo, o módulo mantido na superfície apresentou os menores valores de perda de biomassa observados na primeira e última semana de cultivo. Esses períodos coincidiram com as semanas que tiveram os maiores

índices de pluviosidade (6,9 e 8,9 mm) e menores índices de evaporação (5,0 e 6,0 mm). Uma possível explicação para essa ligação seria que o aumento do nível da água do viveiro, pela ação da chuva, submeteria as macroalgas que estariam fixas próximas a superfície à imersão, sendo então beneficiadas pela proteção contra a insolação e processos de dessecação causados pela evaporação. Esses parâmetros ambientais associados à exposição ao ar resultam em perda de água pelo talo, e conseqüentemente, acarretam perda de biomassa. MSUYA & NEORI (2002) também registraram problemas de perda de massa úmida relacionados à desidratação e à queima do talo em *Ulva reticulata* cultivada em efluente de viveiro de peixes.

O cultivo de animais aquáticos é responsável pela geração de grandes quantidades de metabólitos (MARINHO-SORIANO *et al.*, 2002), o que eleva as concentrações de nutrientes (amônio, nitrito, nitrato e ortofosfato) presentes na água, caracterizando o viveiro como um ambiente eutrófico. Mesmo com essa grande quantidade de nutrientes disponível, as taxas de crescimento algal obtidas nas três profundidades foram aproximadamente cinco vezes menores que as taxas de crescimento de *G. birdiae* obtidas em regiões estuarinas do estado do Rio Grande do Norte (MARINHO-SORIANO *et al.*, 2006). Outros estudos, realizados “*in situ*”, envolvendo cultivo de *Gracilaria* também obtiveram maiores taxas de crescimento quando comparados com o presente trabalho (BIRD *et al.*, 1977; FRIEDLANDER *et al.*, 1990; DE CASABIANCA *et al.*, 1997; CHIRAPART & LEWMANOMONT, 2004; YANG *et al.*, 2006; ZHOU *et al.*, 2006). No entanto, deve-se ressaltar que as taxas de crescimento para as espécies de *Gracilaria* existentes na literatura foram obtidas através de diferentes desenhos experimentais e em ambientes distintos de uma fazenda de camarão orgânica.

Provavelmente, a ocorrência de maiores taxas de crescimento na primeira semana de cultivo, nas três condições propostas, está associada ao fato das algas terem sido coletadas em ambientes não eutrofizados. Alguns autores fazem alusão a este fato sugerindo o estado nutricional das algas como um fator influente na cinética de absorção de nutrientes (D’ELIA & DEBOER, 1978; LOBBAN & HARRISON, 1994; MARINHO-SORIANO *et al.* 2002), o que daria às algas um bom desenvolvimento nos períodos iniciais de cultivo. Outros

picos nas taxas de crescimentos, observados em particular na terceira semana para as algas mantidas a 10 e 20 cm de profundidade, estão associados ao período de maior concentração de íon amônio na água. D'ELIA & DEBOER (1978) e YANG (2006), em estudos realizados com *G. foliifera* e *G. lemaneiformis* respectivamente, destacam a preferência na absorção deste nutriente à outras formas de compostos nitrogenados (nitrito e nitrato).

Um aspecto importante acerca deste nutriente a ser considerado é o fato de o amônio ser transportado para o interior das macroalgas por difusão passiva (HAINES & WHEELER, 1978). Esse tipo de transporte gera grande economia energética, já que não há gastos de ATP nem uso de enzimas nitrato redutase, possibilitando assim, a realização de investimentos em outras atividades metabólicas (LOBBAN & HARRISON, 1997).

A ausência de aeradores ou mecanismo de circulação de água em fazendas de cultivo orgânico também pode ter influenciado a TCE, visto a associação direta da movimentação da água aos processos de absorção de nutrientes e deposição de sedimento sobre o talo. Recentemente, RYDER *et al.* (2004) demonstraram que a ausência da movimentação de água reduziu significativamente as taxas de crescimento de *G. parvispora* em tanques e em lagoas no Hawaii. LAPOINTE & RYTHER (1978) também fazem referência a importância do fluxo de água no crescimento de *G. tikvahiae*, sendo este fator mais relevante que as concentrações de nutrientes disponíveis no meio de cultivo.

Os diferentes modelos de crescimento gerados neste trabalho estiveram em função dos diversos parâmetros ambientais (temperatura, salinidade, pH, ortofosfato, íon amônio, precipitação e turbidez), onde cada profundidade respondeu de forma distinta à estes. A análise de regressão múltipla apontou que 66% da variabilidade da TCE das algas cultivadas na superfície estiveram relacionadas aos fatores temperatura, salinidade, pH, ortofosfato, íon amônio e precipitação ($p < 0,05$). O módulo fixado a 10 cm obteve 66% da variabilidade da TCE agregada à oscilação em conjunto dos parâmetros temperatura, turbidez e pH ($p < 0,05$). As macroalgas mantidas a 20 cm apresentaram a variabilidade da TCE associada 62% à turbidez, íon amônio e ao ortofosfato ($p < 0,05$).

Os modelos de regressão gerados neste estudo apresentaram valores de predição maiores que encontrados por DE CASABIANCA *et al.* (1997), que demonstraram que 59% variabilidade das TCE de *G. bursa-pastoris* esteve associada a variação da intensidade luminosa e temperatura da água e por MARINHO-SORIANO *et al.* (2006), que propuseram um modelo de crescimento para *G. birdiae*, associando 61% da variabilidade aos fatores salinidade e biomassa de epífitas. Os valores de crescimento encontrados no presente trabalho confirmam que as respostas fisiológicas das macroalgas são específicas para cada ambiente.

Mesmo com elevados valores preditivos dos modelos, as relações entre os valores previstos e observados apontaram que as taxas de crescimento obtidas durante o cultivo, entre a faixa de zero e $-0,3\% \cdot \text{dia}^{-1}$, estiveram abaixo dos valores estimados pelos modelos nas três profundidades testadas. Esse fato é explicado pela perda de biomassa ocorrida durante o período experimental que, de forma direta, afeta o cálculo da taxa de crescimento específico e conseqüentemente na acurácia do modelo de crescimento gerado.

A atuação da temperatura nos modelos de crescimento não pôde ser bem definida devido a pouca variação ocorrida durante o período de estudo ($26,7 - 28,5^{\circ}\text{C}$) e às diferentes interações no crescimento das algas mantidas a 10 cm de profundidade (coef. = $-0,414$; $p = 0,001$) e nas algas mantidas na superfície (coef. = $0,878$; $p < 0,003$). De forma geral, os efeitos positivos dos altos valores da temperatura e das variações toleradas por cada espécie do gênero *Gracilaria* já são bastante conhecidos (BIRD *et al.*, 1979; DE CASABIANCA *et al.*, 1997; LOBBAN & HARRISON, 1997; DAWES *et al.*, 1999; YOKOYA *et al.*, 1999), e segundo LÜNING (1990), este gênero apresenta características euritérmicas, podendo se aclimatar rapidamente a águas com temperaturas entre $15 - 30^{\circ}\text{C}$.

O modelo proposto para as taxas de crescimento das algas mantidas na superfície apontaram um leve efeito negativo da salinidade (coeficiente = $-0,08$; $p = 0,005$). Essa relação negativa possivelmente está relacionada às questões de equilíbrio osmótico, já que durante todo o período de estudo a salinidade do viveiro ($31,2$ PSU) foi menor que a registrada na água do mar

(±37 PSU). No entanto, é importante ressaltar a capacidade de tolerância do gênero *Gracilaria* a variações de salinidade entre 15 e 60 NTU, com o desenvolvimento ótimo em ambientes com salinidades em torno de 30 NTU (BIRD & MCLACHLAN, 1986).

O pH apresentou variações comumente observadas no ambiente marinho (7,5 a 8,4). Entretanto, os modelos idealizados para os dois primeiros módulos apontaram a relação inversa da variação de pH no crescimento (coef._{sup}: - 1,089; p_{sup} = 0,004/ coef.₁₀: -0,680; p₁₀ < 0,001). Variações de pH dentro do intervalo (7,5 - 8,4) causam poucos efeitos no desenvolvimento das macroalgas marinhas (CHAPMAN, 1962). MENÉNDEZ *et al.* (2001) acrescentaram informações à fisiologia de *Gracilaria* mencionando a rápida aclimação deste gênero aos valores de pH alcalinos. Entretanto, sabe-se que a concentração de dióxido de carbono dissolvido na água diminui aproximadamente em 10% para cada unidade de pH variada nas proximidades do pH 8,0, o que indiretamente pode interferir no crescimento e no desenvolvimento das macroalgas (MADSEN & SAND-JENSEN, 1991).

7 CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos neste experimento, podemos concluir que pequenas variações de profundidade influenciam na variação de biomassa e no crescimento de *G. birdiae* quando cultivada em viveiro de camarão orgânico. Nesse sentido, também podemos afirmar que os parâmetros turbidez, incrustação de sedimentos, concentração de nutrientes, temperatura, pH, evaporação, precipitação e salinidade são os principais fatores ambientais a interferir no desenvolvimento desta macroalga. Com relação aos modelos de crescimento gerados, foi possível observar a ação em sinergia dos parâmetros ambientais, suprimindo assim, a necessidade inicial do entendimento da relação entre *G. birdiae* e os fatores abióticos.

8 REFERÊNCIAS

- Araújo, J.P.; Passavante, J.Z.O. & Souto, A.S. (2001). Behavior of the estuarine dolphin, *Sotalia guianensis*, at Dolphin Bay – Pipa – Rio Grande do Norte – Brazil. *Tropical Oceanography*, 29(2), 13 - 23 pp.
- Bird, C.J. & Mclachlan, J. (1986). The effect of salinity on distribution of species of *Gracilaria* Grev. (Rhodophyta, Gigartinales): An experimental assessment. *Botanica Marina*. 29: 231 – 239 pp.
- Bird, C.J.; Edelstein, T. & Mclachlan, J. (1977). Studies on *Gracilaria*. experimental observation on growth and reproduction in Pomquet Harbour, Nova Scotia. *Naturaliste Canadien*, 104: 245 – 255 pp.
- Bird, N.L.; Chen, L C. M. & McLachlan, J.(1979). Effects of temperature, light and salinity on growth in culture of *Chondrus crispus*, *Fucellaria lumbricallis*, *Gracilaria tikvahiae* (Gigartinales, Rhodophyta) and *Fucus serratus* (Fucales, Phaeophyta). *Botanica Marina*. Vol. XXII, 521 – 527 pp.
- Buschmann, A.; Troell, M.; Kautsky, N. & Kautsky, L. (1996). Integrated tank cultivation of salmonids and *Gracilaria chilensis* (Gracilariales, Rhodophyta). *Hydrobiologia* 326/327: 75 – 82 pp.
- Câmara, M.R. (2000) *Artemia* no Brasil: do extrativismo ao cultivo. *Panorama da aqüicultura* 10 (62), 15 - 19 pp.
- Carneiro, M.A.A. (2007) Estudo do crescimento, eficiência de biofiltração e cinética de absorção de nutrientes ($N-NO_4^+$, $N-NO_3^-$ e $P-PO_4^{3-}$) da macroalga *Gracilaria cervicornis* (turner) J. Agardh. *Dissertação de mestrado – Bioecologia aquática – UFRN* 57 pp.
- Chapman, V.J., (1962). A contribution to the ecology of *Egregia laevigata*. Part III. *Bot. Mar.* 3, 101–122 pp.
- Chirapart, A. & Lewmanomont, K. (2004). Growth and production of Thai agarophyte cultured in natural pond using the effluent seawater from shrimp culture. *Hydrobiologia* 512: 117 – 126 pp.
- Chopin, T.; Buschmann, A.H.; Halling, C.; Troell, M.; Kautsky, N.; Neori, A.; Kraemer, G.P.; Zertuche-González, J.A.; Yarish, C. & Neefus, C. (2001). Integration seaweeds into aquaculture system: A key toward sustainability. *J. Phycol.* 37; 975 - 986 pp.
- Chopin, T.; Yarish, C.; Wilkes, R., Belyea; E., Lu, S. & Mathieson, A. (1999). Developing *Porphyra* Salmon integrated aquaculture for bioremediation and diversification of the aquaculture industry. *J. Apply. Phycol.* 11: 463 – 72 pp.
- Costa, V.M.F. (2006) Estudo do crescimento, eficiência de biofiltração e cinética de absorção de nutrientes ($N-NO_4^+$, $N-NO_3^-$ e $P-PO_4^{3-}$) da macroalga *Gracilaria cervicornis* (TURNER) J. Agardh. *Dissertação de mestrado – Bioecologia aquática – UFRN* 69 pp.
- Dawes, C.J.; Orduña-Rojas, J. & Robledo, D. (1999) Response of the tropical red seaweed *Gracilaria cornea* to temperature, salinity and irradiance. *J. Appl Phycol* 10: 419 – 425.

-
- De Casabianca M.L., Marinho-Soriano E. & Laugier T., (1997). Growth of *Gracilaria bursa-pastoris* in a mediterranean lagoon: Thau, France. *Botanica Marina*, 40: 29-37.
- D'elia C.F. & DeBoer, J. A. (1978) Nutritional studies of two red algae. II Kinetics and nitrate uptake. *J. Phycol*, 14: 266 – 272 pp.
- FAO – Food and Agricultural Organization of the United Nations (2007). National Aquaculture overview – Brazil, Edição Eletrônica.
- FAO. - Food and Agricultural Organization of the United Nations (1999). Aquaculture Production Statistics 1988-1997. Fisheries Circular. No.815. Rev.11, FAO. Rome.
- Friedlander, M.; Galai, N. & Farbstein, H. (1990). A model of seaweed growth in an outdoor in Israel. *Hydrobiologia* 204/205: 367 – 373 pp.
- Haines, K.C. & Wheeler, W H. (1978). Ammonium and nitrate uptake by the marine macrophyte *Hypnea musciformis* (Rhodophyta) and *Macrocystis pyrifera* (Phaeophyta). *J. Phycol*. 14: 319 – 324 pp.
- Hernández-López, J. & Vargas-Albores, F. (2003). A microplate technique to quantify nutrients (NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ and PO_4^{3-}) in seawater. *Aquaculture Research*, 34: 1201 – 1204 pp.
- Jones, A.B.; Dennison, W.C. & Preston, N.P. (2001). Integrated treatment of shrimp effluent by sedimentation, oyster filtration and macroalgal absorption: a laboratory scale study. *Aquaculture* 193: 155 – 178 pp.
- Langton, R.W.; Haines, K.C. & Lyon, R.E. (1977) Ammonia–nitrogen production by the bivalves mollusk *Tapes japonica* and its recovery by the red seaweed *Hypnea musciformis* in tropical mariculture system *Hegoländer wiss. Meeresunters* 30: 217 – 229 pp.
- Lapointe, B.E. & Ryther, J.H. (1978). Some aspects of the growth and yield of *Gracilaria tikvahiae* in culture. *Aquaculture* 15: 185 – 198 pp.
- Lobban, C.S. & Harrison, P.J. (1994). Seaweed ecology and physiology. Cambridge University Press, Cambridge.336 pp.
- Lobban, C.S. & Harrison, P.J. (1997). Seaweed ecology and physiology. Cambridge University Press, Cambridge. 336 pp.
- Lüning, K. (1990). Seaweeds. Their environment, biogeography, and ecophysiology. New York: Wiley – Interscience.
- Madsen, T.V., Sand-Jensen, K. (1991). Photosynthetic carbon assimilation in aquatic macrophytes. *Aquat. Bot.* 41, 5–40 pp.
- Marinho-Soriano, E.; Moreira, W.S.C. & Carneiro, M.A.A. (2006). Some aspects of the growth of *Gracilaria birdiae* (Gracilariaceae, Rhodophyta) in an estuary in northeast Brazil. *Aquaculture International*. 14:327 – 336 pp
- Marinho-Soriano, E.; Morales, V. & Moreira, W.S.C. (2002) Cultivation of *Gracilaria* (Rhodophyta) in shrimp pond effluents in Brasil. *Aquaculture Research* 33: 1081 – 1086 pp.
- Menéndez, M.; Marc Martinez, M.; Comin, A.F. (2001). A comparative study of the effect of pH and inorganic carbon resources on the photosynthesis of

-
- three floating macroalgae species of a Mediterranean coastal lagoon. *J. Exp. Mar. Biol. and Ecol* 256 (2001) 123–136 pp
- Msuya, F.E. & Neori, A. (2002). *Ulva reticulate* and *Gracilaria crassa*: Macroalgae that can biofilter effluent from tidal fishponds in Tanzania. *W. Indian Ocean. J. Mar. Sci.* Vol.1, No.2;117 – 126 pp.
- Naylor, R.L.; Goldberg, R.J.; Mooney, H.; Beveridge, M. Clay, J.; Folk, C.; Kautsky, N.; Lubchenco, J.; Primavera. J. & Williams, M. (1998). Nature's subsidies to shrimp and salmon farming. *Science*. Vol.; 282; 883-884pp.
- Neori, A.; Ragg, N.L. & Shipigel, M. (1998). The integrates culture of seaweeds, abalone, fish and clams in modular intensive land-based system: II. Performance and nitrogen portioning within an abalone (*Haliotis tuberculata*) and macroalgae culture system. *Aquaculture engineering*. 17; 215 - 239 pp.
- Neori, A; Chopin, T.; Troell, M.; Buschmann, A.H.; Kraemer, G.P.; Halling, C.; Shpigel, M. & Yarish, C. (2004). Integrated aquaculture: Rationale, evolution and state of the art emphasizing seaweed biofiltration in modern mariculture. *Aquaculture*. 231;361 - 391 pp.
- Nunes, S.O. (2006). Efeitos do nutriente nitrogênio e fósforo sobre o desenvolvimento de *G. birdiae*: Crescimento e possível uso como biofiltro. *Dissertação de mestrado – Bioecologia aquática – UFRN* 56 pp.
- Páez-Osuna, F. (2001). The environment impact of shrimp aquaculture: a global perspective. *Environmental Pollution*. 112; 229 – 231 pp.
- 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. *Phylogia*, 41 (4), 389 – 396 pp.
- Porrello, S.; Lenzi, M.; Tomassetti, P.; Persia, E.; Finioia, A.G. & Mercatali, I. (2003). Reduction of aquaculture wastewater eutrophication by phytotreatment ponds system II. Nitrogen and phosphorus content in macroalgae and sediment. *Aquaculture*. 219; 531 – 544 pp.
- Primavera, J.H. (1997). Socio-economic impacts of shrimp culture. *Aquaculture Research*. 28;815 – 827 pp.
- Qian, P. Y.; Wu, C. Y.; Wu, M. & Xie, Y. K. (1996) Integrated cultivation of red alga *Kappaphycus alvarezzi* and the pear oyster *Pinctata martensi*. *Aquaculture* 147: 21 – 35 pp.
- Retamales, C.A.; Martinez, A.; Buschmann A.H. (1994). Long term productivity and agar yield of *Gracilaria chilensis* tank culture in southern Chile. *Rev. Biol. Mar. Valparaiso* 29: 251 – 261 pp.
- Rocha, I.P.; Rodrigues, J. & Amorim, L. (2004) A carcinicultura brasileira em 2003. *Revista da ABCC*. Ano6, 1:30-36 pp.
- Rosenberry, B. (1998). World shrimp farming. *Shrimp News International*, San Diego, California, 328 pp.
- Ryder, E.; Nelson, S.G. Mckeon, C.; Glenn, E.P.; Fitzsimmons, K. & Napoleon, S. (2004). Effect of water motion on the cultivation of the economic seaweed
-

-
- Gracilaria parvispora* (Rhodophyta) on Molokai, Hawaii. *Aquaculture* 238: 207–219 pp.
- Ryther, J.H.; Goldman, J. C.; Giford, J.E.; Huguenin, J.E.; Wig, A. S.; Clarner, J.P.; Williams, LD. & Lapointe, B.E. (1975) Physical models of integrated waste recycling marine polyculture system. *Aquaculture* 5: 163 – 177 pp.
- Strickland J.D.H. & Parsons T.R., (1972). A practical handbook of seawater analysis. Fisheries Research Board of Canada, Ottawa, p. 310.
- Troell, M. & Berg, H. (1997). Cage fish farming in the tropical lake Kariba: impact and biogeochemical in sediment. *Aquacult., Res.* 28;527 – 544 pp.
- Troell, M.; Halling, C.; Nilson, A.; Buschmann, A.H.; Kautsky, N. & Kautsky, L. (1997) Integrated marine cultivation of *Gracilaria chilensis* (Gracilariales, Rhodophyta) and salmon cages for reduced environmental impact and increase economic output. *Aquaculture* 156: 45 – 61 pp.
- Tyler, A.C. & Mcglathery, K.J. (2006). Uptake and release of nitrogen by the macroalgae *Gracilaria vermiculophylla* (Rodophyta). *J. Phycol.* 42, 515 – 525 pp.
- Yang, Y.F.; Fei, X.G.; Song, J.M.; Hu, H.Y.; Wang, G.C.; Chung, I.K. (2006). Growth of *Gracilaria lemaneiformis* under different cultivation conditions and its effects on nutrient removal in Chinese coastal waters. *Aquaculture*. 254; 248 – 255 pp.
- Yokoya, N.S.; Kakita, H.; Obika, H. & Kitamura, T. (1999). Effects of environmental factors and plant growth regulators on growth of the red alga *Gracilaria vermiculophylla* from Shikoku Island, Japan. *Hydrobiologia*. 398/399: 339 – 347 pp.
- Zar, J.H. (1999). Biostatistical Analysis. Upper Saddle River. Prentice-Hall. 930 p.
- Zhou, Y.; Yang, Y.F. ; Hu, H.; Liu, Y. Mao, Y.; Zhou, H.; Xu, X. & Zhang, F. (2006). Bioremediation potential of macroalga *Gracilaria lemaneiformis* (Rhodophyta) integrated into fed fish culture in coastal water of north China. *Aquaculture*. 252; 264 – 276 pp.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)