

# Cartilha ilustrativa sobre cultivo de macroalgas marinhas sob condições de laboratório



**Atena**  
Editora  
Ano 2022

THALISIA C. DOS SANTOS, JOHANA MARCELA C. OBANDO, ELISABETE BARBARINO, ROBERTO CARLOS CAMPOS MARTINS E DIANA N. CAVALCANTI



THALISIA CUNHA DOS SANTOS  
JOHANA MARCELA CONCHA OBANDO  
ELISABETE BARBARINO  
ROBERTO CARLOS CAMPOS MARTINS  
DIANA NEGRÃO CAVALCANTI

CARTILHA ILUSTRATIVA SOBRE CULTIVO DE  
MACROALGAS MARINHAS SOB CONDIÇÕES DE  
LABORATÓRIO

Niterói - RJ

2022

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Imagens da capa**

Foto dos enlenmeyers: Doron Ashkenazi

Foto alga: PhycoKey

Foto da alga na placa de Petri:

RODRIGO ARANGUA/AFP, via Getty Images

**Edição de arte**

Os autores

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo do texto e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Biológicas e da Saúde**

Profª Drª Aline Silva da Fonte Santa Rosa de Oliveira – Hospital Federal de Bonsucesso

Profª Drª Ana Beatriz Duarte Vieira – Universidade de Brasília

Profª Drª Ana Paula Peron – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof. Dr. Cirênio de Almeida Barbosa – Universidade Federal de Ouro Preto

Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí

Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. José Aderval Aragão – Universidade Federal de Sergipe  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Maurilio Antonio Varavallo – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Sheyla Mara Silva de Oliveira – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Suely Lopes de Azevedo – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco



# Cartilha ilustrativa sobre cultivo de macroalgas marinhas sob condições de laboratório

**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Autores:** Thalisia Cunha dos Santos  
Johana Marcela Concha Obando  
Elisabete Barbarino  
Roberto Carlos Campos Martins  
Diana Negrão Cavalcanti

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C327 Cartilha ilustrativa sobre cultivo de macroalgas marinhas sob condições de laboratório / Thalisia Cunha dos Santos, Johana Marcela Concha Obando, Elisabete Barbarino, et al. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Outros autores  
Roberto Carlos Campos Martins  
Diana Negrão Cavalcanti

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0765-2

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.652222710>

1. Algas marinhas. 2. Cultivo in vitro. I. Santos, Thalisia Cunha dos. II. Obando, Johana Marcela Concha. III. Barbarino, Elisabete. IV. Título.

CDD 579.8

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**  
Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)



## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao conteúdo publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que o texto publicado está completamente isento de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access, desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



# Agradecimentos

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelas bolsas de doutorado e mestrado. Este trabalho foi apoiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa Carlos Chagas Filho do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), nº E-26 / 110.205 / 2013, nº E-26 / 111.220 / 2014, e nº 211.069 / 2019. Um agradecimento especial Doron Ashkenazi (Israel) por disponibilizar algumas das fotografias usadas neste material.

# Apresentação

Esta cartilha é resultado de uma motivação pessoal dos autores em proporcionar uma apresentação e divulgação de conhecimentos científicos sobre a linha de pesquisa de cultivo de macroalgas marinhas, sob condições controladas em laboratório, de forma didática e compilada.

Apresentamos conceitos como: o que são macroalgas, porque são cultivadas e quais são os tipos de cultivo. Além disso, relatamos quais as espécies de algas marinhas que têm sido objeto de estudos por pesquisadores de todo o mundo. Ademais, apresentamos dados referentes aos fatores abióticos que influenciam a manutenção de macroalgas em laboratórios, as principais aplicações biotecnológicas atuais e as algas cultivadas no Brasil.

Dessa forma, o documento é destinado a toda comunidade acadêmica incluindo alunos e professores das áreas de ficologia, aquacultura e química de produtos naturais. Espera-se, portanto, que este material agregue conhecimento científico a todos aqueles que tenham interesse pela área de cultivo de algas marinhas.



# Sumário

O que são macroalgas e porque cultivá-las?.....	5
Cultivo em condições de laboratório.....	6
Quais macroalgas têm sido cultivadas nos últimos 20 anos?.....	7
Que fatores abióticos são usados nos cultivos de macroalgas?.....	17
Aplicações biotecnológicas atuais.....	18
Algas cultivadas sob condições de laboratório no Brasil.....	19
Referências.....	20



# O que são macroalgas e porque cultivá-las?

As algas marinhas são organismos que habitam ecossistemas marinhos ou de água doce (Hasan e Chakrabarti, 2009; El Gamal, 2012), e têm despertado o interesse de pesquisadores por serem uma fonte comprovada de vários metabólitos biologicamente ativos (Obando et al., 2022). Com base no tipo de pigmento fotossintético, tipo de material de armazenamento e composição dos polissacarídeos da parede celular, as macroalgas são geralmente divididas em três grupos: algas verdes, vermelhas e pardas (MacArtain et al., 2007; Kadam e Tiwari, 2013; Makkar et al., 2016).



As algas marinhas têm potencial para ser uma matéria-prima valiosa para a biotecnologia. Dependendo da espécie de alga, é possível extrair diferentes componentes biológicos de alto valor agregado como: ácidos graxos, pigmentos esteróis, terpenos e outras substâncias que podem ser potencialmente utilizadas em um sistema de produção industrial.

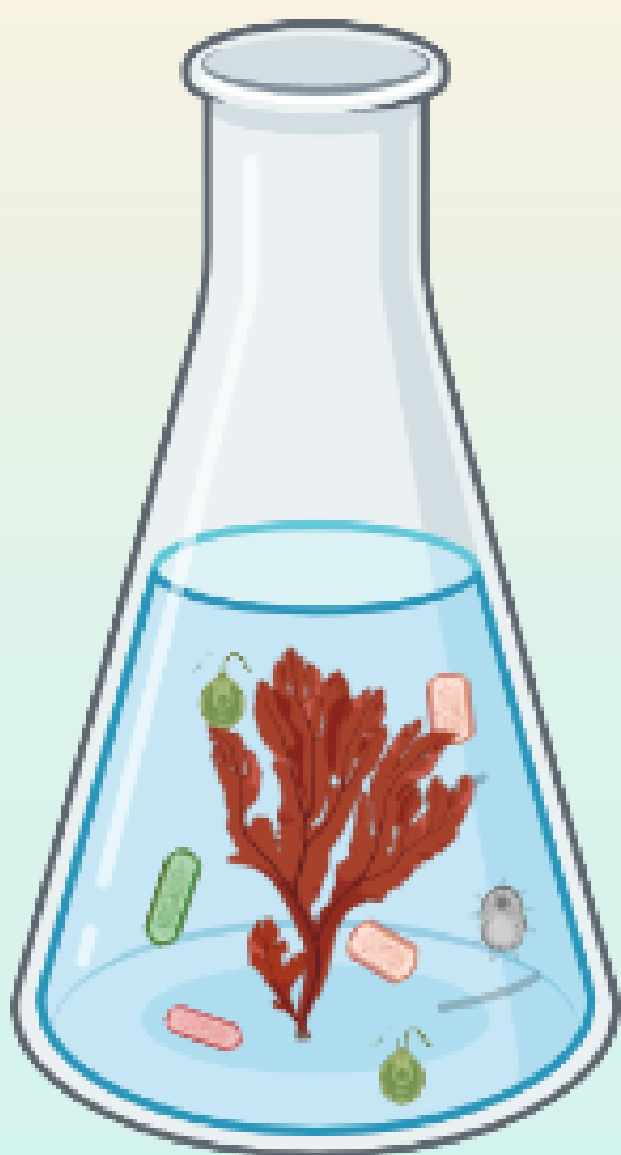


# Cultivo em condições de laboratório

O cultivo em laboratório permite isolar fatores ambientais e determinar sua influência no metabolismo das algas (Baweja et al., 2009), fisiologia e interações, além de possibilitar a produção de metabólitos relevantes (Rorrer e Cheney, 2004). Esta técnica pode ser utilizada como ferramenta na conservação e melhoramento das espécies de algas marinhas (Yokoya; Yoneshigue-Valentin, 2011).

Dentre as técnicas de cultivo em condições de laboratório, pode-se destacar os seguintes tipos: Cultura axênica (aquela que é feita sem a presença de microorganismos) ou culturas não axênicas (feita com a presença de outros organismos associados). Pode ser realizada em aquários, fotobiorreator (Kawai et al., 2005) ou vidrarias como Erlenmeyer e balões. As técnicas de cultivo *in vitro* por sua vez, podem ser classificadas em (1) micropropagação ou propagação clonal; (2) isolamento e regeneração de protoplastos e (3) indução de calos (Obando et al., 2022).

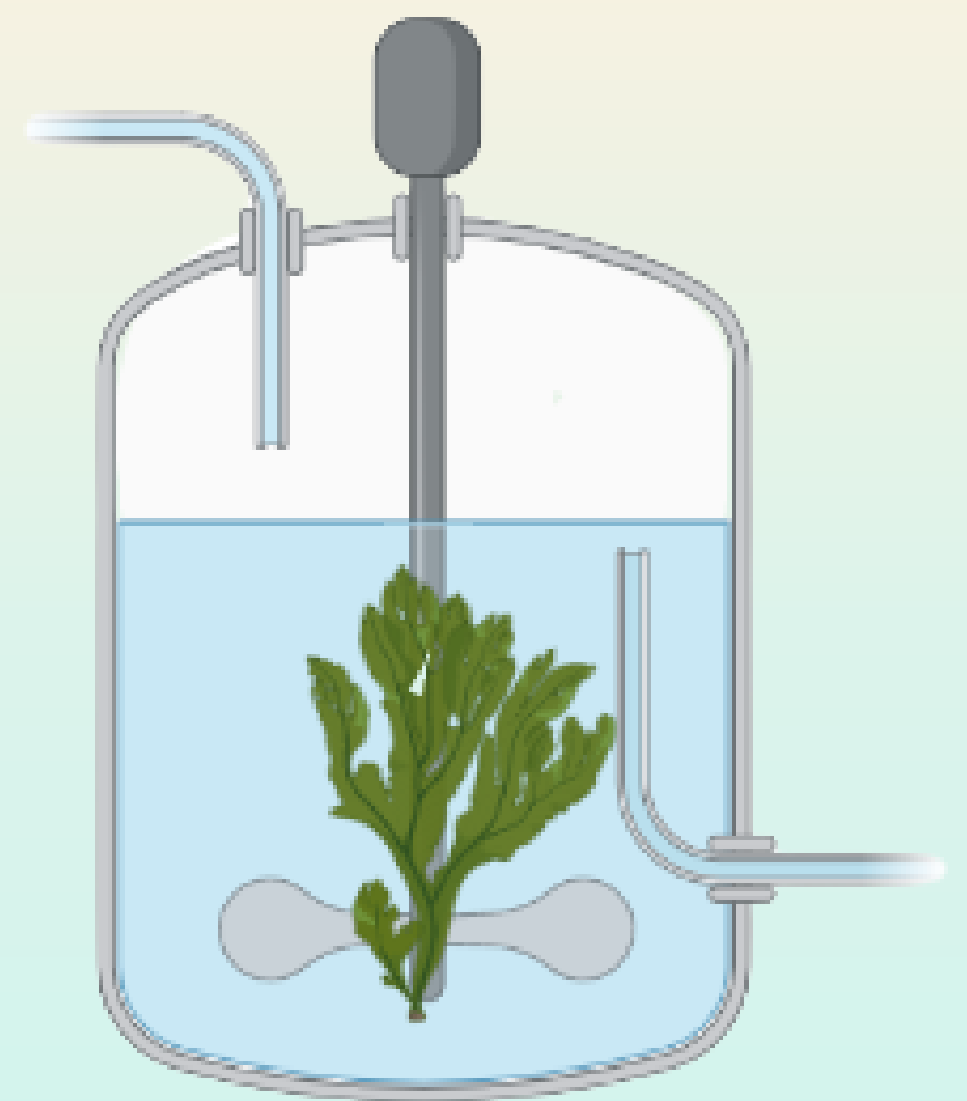
## Tipos de cultura de macroalgas



Não axênica



Axênica (*in vitro*)



Fotobiorreator

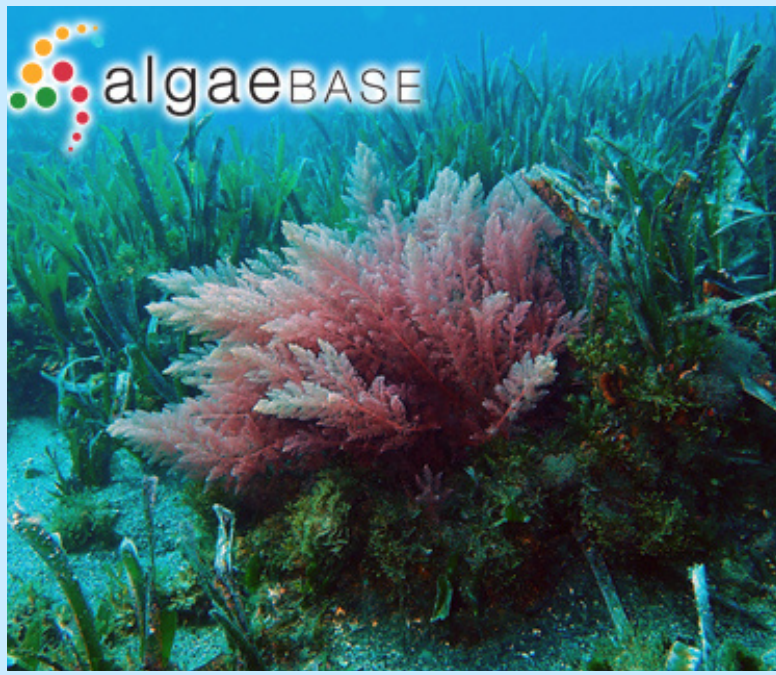
Quais macroalgas têm sido cultivadas?





# Algas vermelhas (Rhodophyta) sob condições de laboratório

*Asparagopsis taxiformis*



Objetivo do cultivo: testar como a disponibilidade de carbono e nitrogênio determina a produção de bromofórmio e ácido dibromoacético (Mata et al. 2012).

Fonte da imagem:  
(<https://www.algaebase.org/>).

*Chondracanthus chamisso*



Objetivo do cultivo: identificar o endófito *Colaonema daviesii*, encontrado em talos desta alga por meio de sequenciamento de DNA e análise filogenética (Montoya et al. 2020).

Fonte da imagem:  
(Yang et al. 2015).

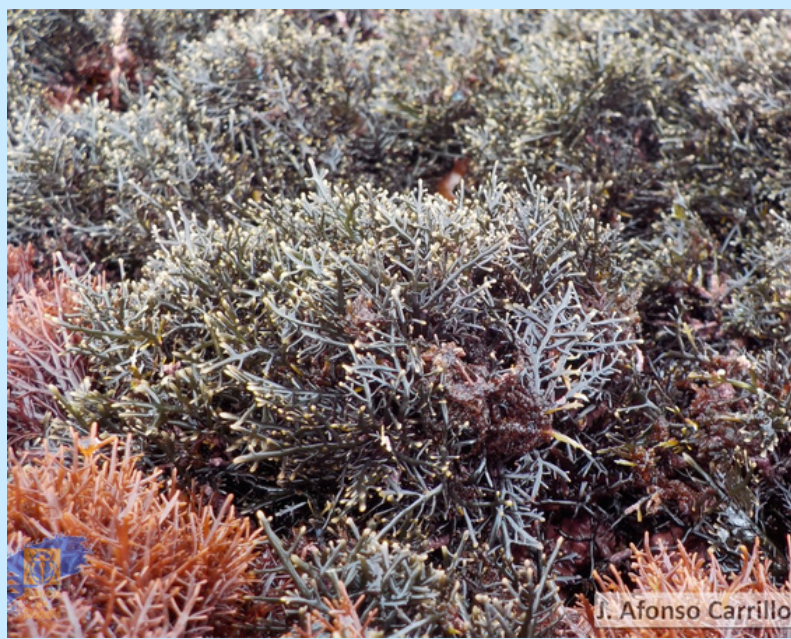
*Delisea pulchra*



Objetivo do cultivo: identificar espécies bacterianas novas e filogeneticamente diversas que podem causar a doença de branqueamento na alga *Delisea pulchra* (Kumar et al. 2016).

Fonte da imagem:  
(<https://www.algaebase.org/>).

*Gelidium canariensis*



Objetivo do cultivo: analisar os níveis de PAs (poliaminas) em amostras de macroalgas marinhas coletadas naturalmente (Marián et al. 2000).

Fonte da imagem:  
(<https://www.biodiversidadcanarias.es/biota/especie/E03247>)

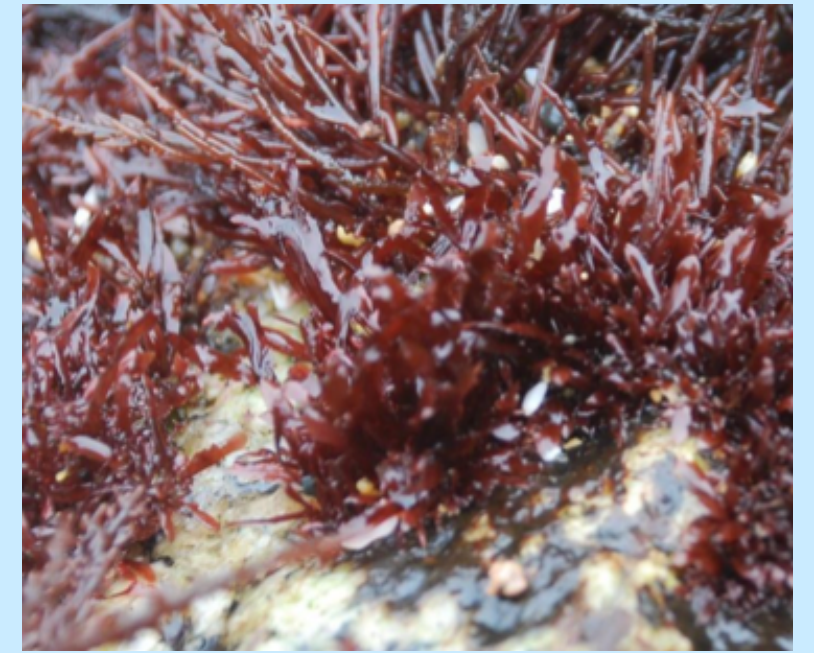
*Gelidium latifolium*



Objetivo do cultivo: estudar o crescimento da biomassa e a sobrevivência de *Gelidium latifolium* em diferentes meios de cultura (Wijayanto et al. 2020).

Fonte da imagem:  
([https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gelidium\\_latifolium.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gelidium_latifolium.jpg)).

*Gelidium lingulatum*



Objetivo do cultivo: determinar mudanças na abundância e composição de bactérias epibióticas de algas expostas a PAR ou PAR + UV e seu desempenho fotossintético, usando fluorescência de clorofila *in vivo* (Dobretsov et al. 2020).

Fonte da imagem:  
(<http://coleccionpatriciosanchez.cl/gelidium-lingulatum-ku%CC%88tzing/>).

*Gracilaria caudata*



Objetivo do cultivo: avaliar o efeito de *Ascophyllum* marine plant extract powder (AMPEP) no crescimento, desenvolvimento de ramos e conteúdo de pigmento nesta alga (Souza et al. 2019).

Fonte da imagem:  
(<https://www.algaebase.org/>).

*Gracilariopsis lemaneiformis*



Objetivo do cultivo: monitorar o crescimento, fotossíntese e absorção de nitrato e fosfato em diferentes condições de dióxido de carbono e fósforo (Xu et al. 2010).

Fonte da imagem:  
(<http://intermareal.ens.uabc.mx/percebu/algas/Gracilariopsis-lemaneiformis.html>).

*Gracilaria corticata*



Objetivo do cultivo: avaliar o crescimento, a indução do ramo e os teores de fenol total e DPPH, a diferentes concentração de AMPEP (Dawange and Jaiswar, 2020).

Fonte da imagem:  
(<https://www.algaebase.org/>).



# Algas vermelhas (Rhodophyta) sob condições de laboratório

*Gracilaria verrucosa*

algaeBASE



Objetivo do cultivo: estudar o efeito de reguladores de crescimento (IAA e BAP) na micropropagação de caules de *G. verrucosa* (Nurrahmawan et al. 2021).

Fonte da imagem:  
(<https://www.algaebase.org/>).

*Gracilariopsis chorda*



Objetivo do cultivo: avaliar o efeito da luz e da temperatura no crescimento e fotossíntese de *Gracilariopsis chorda* (Terada et al. 2013).

Fonte da imagem:  
(<https://tonysharks.com/>).

*Gracilariopsis tenuifrons*

algaeBASE



Objetivo do cultivo: analisar os níveis de irradiância, taxa de crescimento e composição de pigmentos em porções gametofíticas apicais (Torres et al. 2015).

Fonte da imagem:  
(<https://www.algaebase.org/>).

*Grateloupia dichotoma*



Objetivo do cultivo: determinar a concentração de bioativos como pigmentos e compostos fenólicos (Vega et al. 2020).

Fonte da imagem:  
([https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Grateloupia\\_dichotoma\\_Crouan.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Grateloupia_dichotoma_Crouan.jpg)).

*Grateloupia doryphora*



Objetivo do cultivo: analisar os níveis de PAs (poliaminas) em amostras de macroalgas marinhas coletadas naturalmente (Marián et al. 2000).

Fonte da imagem:  
(<https://www.japaneseknotweedkillers.com/a-red-alga>).

*Grateloupia turuturu*



Objetivo do cultivo: isolar protoplastos e identificar efeitos dos principais fatores no rendimento de protoplastos para melhorar o protocolo de isolamento (Lafontaine et al. 2011).

Fonte da imagem:  
(<https://www.algaebase.org/>).

*Halopithys incurva*

algaeBASE



Objetivo do cultivo: determinar a concentração de bioativos como pigmentos e compostos fenólicos para *H. incurva* (Vega et al. 2020).

Fonte da imagem:  
(<https://www.algaebase.org/>).

*Hypnea musciformis*



Objetivo do cultivo: estudar as alterações bioquímicas e fisiológicas que ocorrem após uma curta exposição à gasolina (Ramlov et al. 2019).

Fonte da imagem:  
(<https://www.algaebase.org/>).

*Hypnea pseudomusciformis*



Objetivo do cultivo: analisar cenários de acidificação oceânica simulados pelo enriquecimento de CO<sub>2</sub> na água do mar em três níveis de pH (8,0, 7,6 e 7,2) usando um sistema de biorreator (Nauer et al. 2021).

Fonte da imagem:  
(Nauer et al. 2020).



# Algas vermelhas (Rhodophyta) sob condições de laboratório

*Hypnea spinella*



Objetivo do cultivo: avaliar a atividade antioxidante e o teor de componentes fenólicos (Vega et al., 2020).

Fonte da imagem:  
(<https://www.algaebase.org/>).

*Kappaphycus alvarezii*



Objetivo do cultivo: estudar a capacidade de sobrevivência e crescimento usando fragmentos de *K. alvarezii* em diferentes regimes de salinidade e temperatura (Mandal et al. (2015).

Fonte da imagem:  
(<https://www.algaebase.org/>).

*Kappaphycus malesianus*



Objetivo do cultivo: otimizar o uso de pó do extrato de *Ascophyllum nodosum* atuando como um bioestimulante (Ali et al., 2020).

Fonte da imagem:  
(<https://www.algaebase.org/>).

*Kappaphycus striatus*



Objetivo do cultivo: usar e avaliar nanopartículas de prata no processo de esterilização de explantes e os efeitos dos meios de cultura, reguladores de crescimento (Mo et al. 2020).

Fonte da imagem:  
(<https://www.algaebase.org/>).

*Laurencia brongniartii*



Objetivo do cultivo: desenvolver um método para isolar e cultivar explantes unialgais em diferentes concentrações de nitrato e avaliar a influência nas taxas de crescimento (Nishihara et al. 2004).

Fonte da imagem:  
(<https://www.algaebase.org/>).

*Laurencia catarinensis*



Objetivo do cultivo: melhorar o sistema de cultivo para produção de biomassa, para avaliar o crescimento e o teor de proteínas totais, pigmentos e carboidratos da alga *L. catarinensis* (Araújo et al. 2021).

Fonte da imagem:  
(Ibraheem et al. 2014).

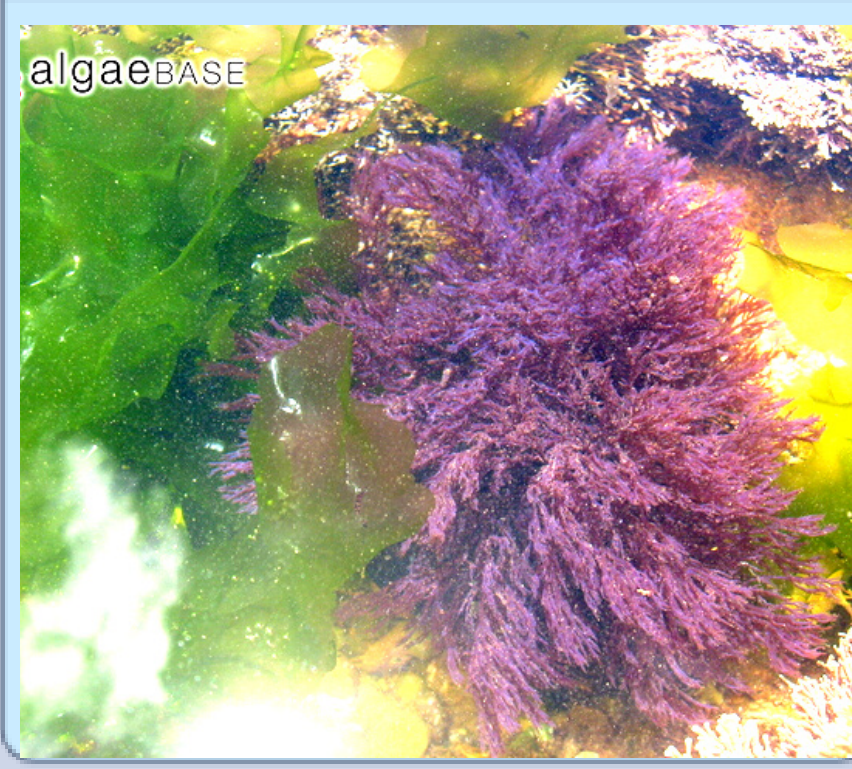
*Laurencia dendroidea*



Objetivo do cultivo: determinar a concentração de bioativos como pigmentos e compostos fenólicos (Vega et al. 2020).

Fonte da imagem:  
(<https://www.algaebase.org/>).

*Ochtodes secundiramea*



Objetivo do cultivo: avaliar o perfil do espectro de monoterpenos halogenados produzidos em um sistema de cultura de laboratório de *O. secundiramea* (Maliakal et al. 2001).

Fonte da imagem:  
(<https://www.algaebase.org/>).

*Portieria hornemannii*



Objetivo do cultivo: comparar a produção dos monoterpenos halogenados de microplântulas de *Ochtodes secundiramea* e *Portieria hornemannii* cultivadas em fotobiorreator sob condições idênticas (Barahona e Rorrer 2003).

Fonte da imagem:  
(<https://www.algaebase.org/>).





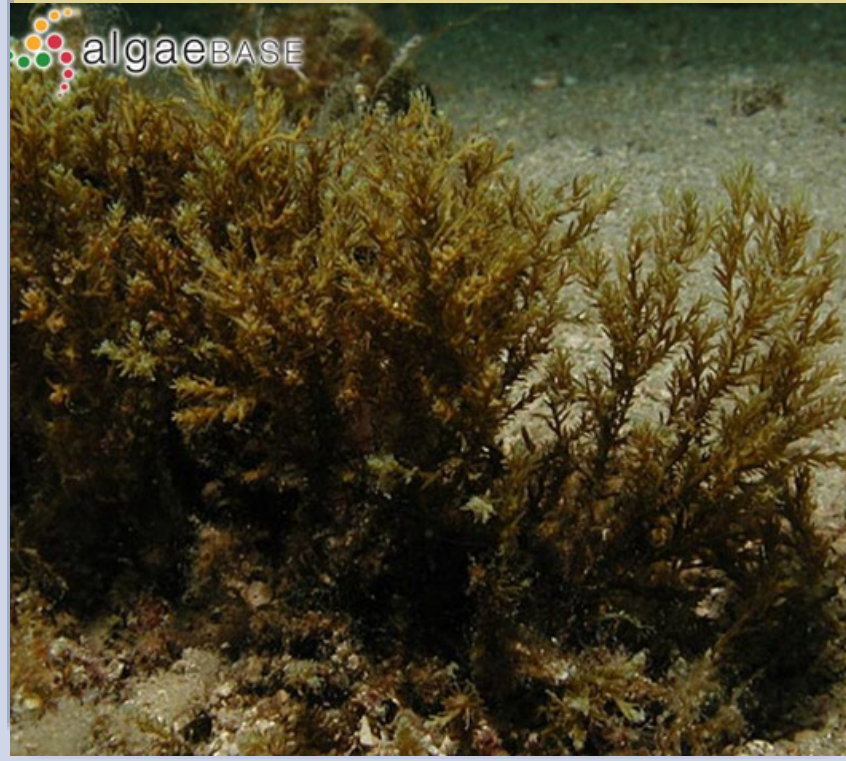


# Algas pardas (Ochrophyta) sob condições de laboratório

*Ascophyllum nodosum*



*Cystoseira amentacea*



*Cystoseira barbata*



Objetivo do cultivo: avaliar os efeitos da luz e nitrogênio no teor de florotaninos (Pavia e Toth, 2000).

Fonte da imagem:  
(<https://www.algaebase.org/>).

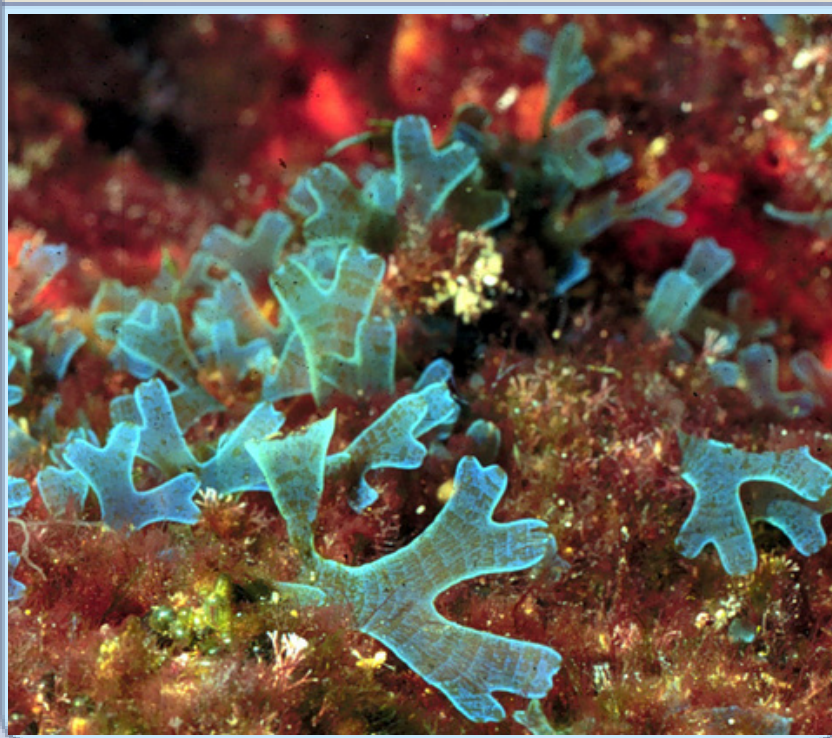
Objetivo do cultivo: avaliar a eficácia da abordagem *ex situ* em termos da presença, cobertura e crescimento dos juvenis de *C. amentacea* (De La Fuente et al., 2019).

Fonte da imagem:  
(<https://www.algaebase.org/>).

Objetivo do cultivo: Testar métodos de restauração não destrutivos para diferentes estágios de restauração de *C. barbata* (Verdura et al. 2018).

Fonte da imagem:  
(<https://www.algaebase.org/>).

*Dictyota adnata*



*Dictyota dichotoma*



*Dictyota menstrualis*



Objetivo do cultivo: estudar o efeito da temperatura, salinidade e intensidade de luz na formação e desenvolvimento de ramos secundários de alga (Kyaw et al., 2009).

Fonte da imagem:  
([http://cfb.unh.edu/phycokey\\_image\\_page.htm](http://cfb.unh.edu/phycokey_image_page.htm)).

Objetivo do cultivo: avaliar os fatores abióticos que controlam o crescimento, sobrevivência, fertilidade e liberação de esporos (Bogaert et al. 2016).

Fonte da imagem:  
(<https://www.algaebase.org/>).

Objetivo do cultivo: avaliar o efeito da concentração de dióxido de carbono e nitrogênio sobre as atividades de fotossíntese, da nitrato redutase, anidrase carbônica e Rubisco (Martins et al. 2016).

Fonte da imagem:  
(<https://www.algaebase.org/>).

*Ectocarpus siliculosus*



*Ectocarpus subulatus*



*Fucus serratus*



Objetivo do cultivo: analisar o genoma do modelo de algas marrons *E. siliculosus* e identificar os genes potencialmente envolvidos no ciclo do manitol (Grosillier et al. 2014).

Fonte da imagem:  
(<https://www.algaebase.org/>).

Objetivo do cultivo: identificar a microbiota associada a esta macroalga e suas funções de simbiontes bacterianos durante o estresse abiótico em ambientes experimentais controláveis e reprodutíveis (KleinJan et al. 2017).

Fonte da imagem:  
(<https://www.ccap.ac.uk/catalogue/strain-1310-34>).

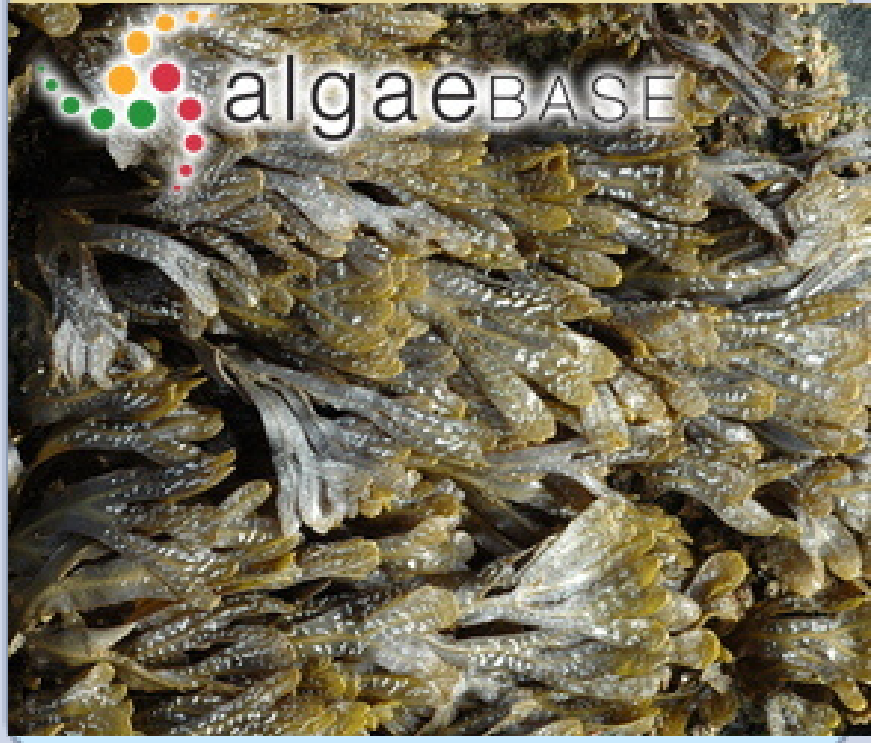
Objetivo do cultivo: monitorar as características de absorção de nitrato e fosfato em condições de salinidade reduzida (Gordillo et al. 2002).

Fonte da imagem:  
(<https://www.algaebase.org/>).



# Algas pardas (Ochrophyta) sob condições de laboratório

*Fucus spiralis*



Objetivo do cultivo: avaliar a atividade antioxidante e o teor de componentes fenólicos em uma cultura em fotobiorreator (Vega et al., 2020).

Fonte da imagem:  
(<https://www.algaebase.org/>).

*Fucus vesiculosus*



Objetivo do cultivo: monitorar a poluição por nitrogênio em diferentes locais (Bailes e Gröcke, 2020).

Fonte da imagem:  
(<https://www.algaebase.org/>).

*Laminaria digitata*



Objetivo do cultivo: estudar a regeneração de tecidos meristemáticos de esporófitos de *L. digitata* por protoplasto e cultura de tecidos (Mussio e Rusig, 2009).

Fonte da imagem:  
(<https://www.algaebase.org/>).

*Sargassum fusiforme*



Objetivo do cultivo: estudar os efeitos do dióxido de carbono atmosférico sobre o crescimento, fotossíntese e metabolismo do nitrogênio de *S. fusiforme* (Zou, 2005).

Fonte da imagem:  
(<https://www.algaebase.org/>).

*Sargassum cymosum*



Objetivo do cultivo: estudar as respostas de fotoaclimação para determinar sua organização citoquímica e ultraestrutural, bem como pigmentos e desempenho fotossintéticos (Polo et al., 2014).

Fonte da imagem:  
(<https://www.algaebase.org/>).

*Sargassum hemiphyllum*



Objetivo do cultivo: avaliar a absorção e armazenamento de nitrogênio e taxa de crescimento de mudas da alga (Han et al., 2018).

Fonte da imagem:  
(<https://www.algaebase.org/>).

*Sargassum horneri*



Objetivo do cultivo: avaliar tratamentos com baixas doses de radiação gama  $^{60}\text{Co}$ , os efeitos hormonais e a tolerância a altas temperaturas em *S. horneri* (Huang e Chen, 2018).

Fonte da imagem:  
(<https://www.algaebase.org/>).

*Sargassum muticum*



Objetivo do cultivo: determinar os efeitos do estresse salino em vários estágios de vida de *S. muticum* (Steen, 2004).

Fonte da imagem:  
(<https://www.algaebase.org/>).

*Sargassum polycystum*



Objetivo do cultivo: determinar a liberação de ovos e fertilização de *S. polycystum* em resposta a diferentes condições ambientais (Magcanta et al., 2021).

Fonte da imagem:  
(<https://www.algaebase.org/>).



# Algas pardas (Ochrophyta) sob condições de laboratório

*Sargassum stenophyllum*



*Gongolaria abies-marina*



*Undaria pinnatifida*



Objetivo do cultivo: estudar o efeito de diferentes salinidades e temperaturas médias de inverno e verão para avaliar a eficiência fotossintética e a taxa máxima de transporte de elétrons (Schermer et al., 2013).

Fonte da imagem:  
(Camacho et al. 2015).

Objetivo do cultivo: determinar o efeito dos espectros de luz LED no crescimento, pigmento e composição bioquímica de *G. barbata* (Öztaşkent e Ak, 2021).

Fonte da imagem:  
(<https://www.algaebase.org/>).

Objetivo do cultivo: avaliar os efeitos combinados da disponibilidade de nutrientes, temperatura da água do mar e irradiância na cor e conteúdo de pigmentos (Endo et al., 2017).

Fonte da imagem:  
(<https://www.algaebase.org/>).



# Algas verdes (Chlorophyta) sob condições de laboratório

*Caulerpa letillifera*



Objetivo do cultivo: estudar os impactos interativos da temperatura e nitrogênio na fisiologia das algas para medir o crescimento, os componentes celulares, a fotossíntese e a respiração escura de uma alga verde (Cai et al 2021).

Fonte da imagem:  
(<https://www.algaebase.org/>).

*Caulerpa racemosa*



Objetivo do cultivo: determinar a concentração de bioativos como pigmentos e compostos fenólicos (Vega et al. 2020).

Fonte da imagem:  
(<https://www.algaebase.org/>).

*Cladophora sp.*



Objetivo do cultivo: desenvolver um fotobiorreator de macroalgas integrado em um edifício. o sistema foi demonstrado por 6 meses permitindo quantificar a taxa de crescimento, proteína, cinzas, densidade energética específica e determinado teor de carboidratos (Chemodanov et al. 2017).

Fonte da imagem:  
([http://www.biopix.com/cladophora-sp\\_photo-53563.aspx](http://www.biopix.com/cladophora-sp_photo-53563.aspx)).

*Codium intertextum*



Objetivo do cultivo: determinar a concentração de bioativos como pigmentos e compostos fenólicos (Vega et al. 2020).

Fonte da imagem:  
(<https://www.algaebase.org/>).

*Gayralia sp.*



Objetivo do cultivo: comparar a base biológica para o cultivo de duas populações de *Gayralia spp.* (Pellizzari et al. 2008).

Fonte da imagem:  
(<https://www.algaebase.org/>).

*Monotroma oxyspermum*



Objetivo do cultivo: isolar e caracterizar filogeneticamente as bactérias marinhas capazes de induzir o desenvolvimento normal de *M. oxyspermum* (Matsuo et al. 2003).

Fonte da imagem:  
(<https://www.algaebase.org/>).

*Ulva clathrata*



Objetivo do cultivo: quantificar os metabólitos secundários dimetilsulfoniopropionato e seu produto de degradação, o gás dimetilsulfeto usando várias concentrações de dióxido de carbono (Kerrison et al. 2012).

Fonte da imagem:  
(<https://www.algaebase.org/>).

*Ulva compressa*



Objetivo do cultivo: desenvolver um fotobiorreator de macroalgas integrado em um edifício. o sistema foi demonstrado por 6 meses permitindo quantificar a taxa de crescimento, proteína, cinzas, densidade energética específica e determinado teor de carboidratos (Chemodanov et al. 2017).

Fonte da imagem:  
(<https://www.algaebase.org/>).

*Ulva faciata*



Objetivo do cultivo: estudar os efeitos da hormesis em macroalgas cultivadas sob uma dose baixa de radiação de raios-x <sup>60</sup>CoGermlings homogêneos (Chen, 2011).

Fonte da imagem:  
(<https://www.algaebase.org/>).



# Algas verdes (Chlorophyta) sob condições de laboratório

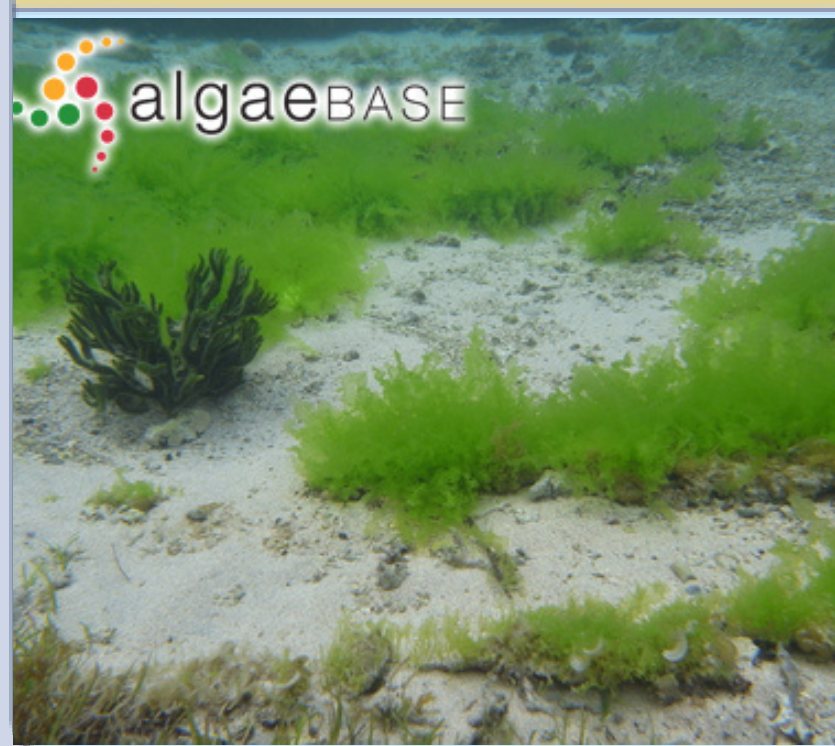
*Ulva lactuca*



Objetivo do cultivo: quantificar os metabólitos secundários dimetilsulfoniopropionato e seu produto de degradação, o gás dimetilsulfeto de incubação usando várias concentrações de dióxido de carbono (Kerrison et al. 2012).

Fonte da imagem:  
(<https://www.algaebase.org/>).

*Ulva linza*



Objetivo do cultivo: avaliar se outras espécies de *Ulva* e *U. mutabilis* poderiam ser cultivadas axenicamente em laboratório, e se os sinais que regulam a esporulação, morfogênese, e o desenvolvimento são conservados entre as espécies (Vesty et al., 2015).

Fonte da imagem:  
(<https://www.algaebase.org/>).

*Ulva lobata*



Objetivo do cultivo: avaliar a eficácia regenerativa dos talos criopreservados em condições ambientais naturais (Lalrinsanga et al. 2009).

Fonte da imagem:  
(<https://www.algaebase.org/>).

*Ulva mutabilis*



Objetivo do cultivo: estudar as interações químicas entre cepas bacterianas e a alga *U. mutabilis*. As espécies de bactérias *Roseobacter*, *Sulfitobacter* e *Halomonas* foram isoladas (Spoerner et al., 2012).

Fonte da imagem:  
(Wichard 2015).

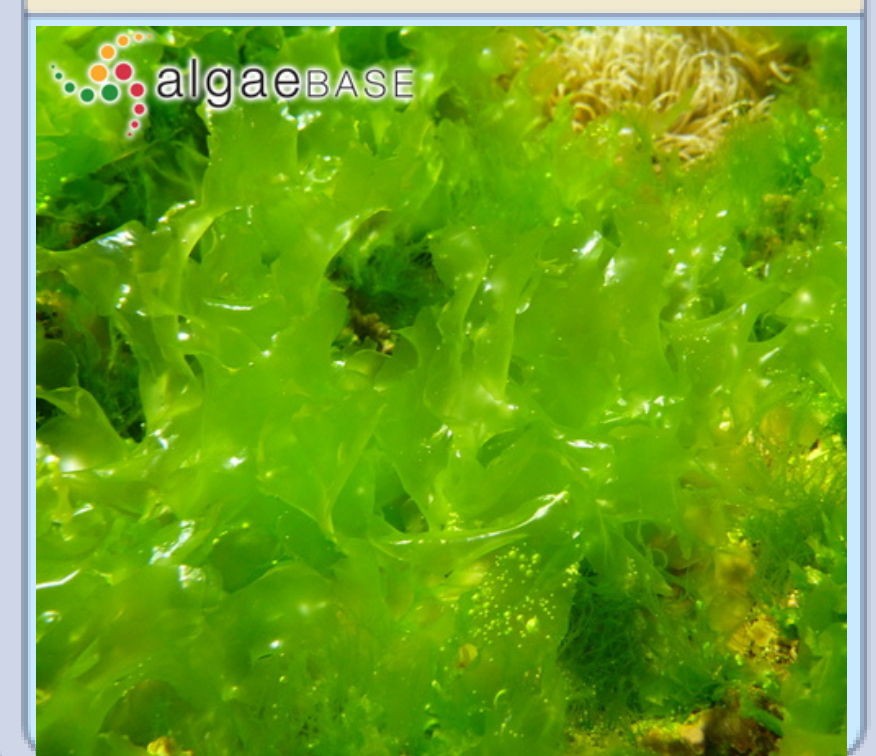
*Ulva reticulata*



Objetivo do cultivo: estudar a distribuição em todo o genoma e o padrão dos locais de metilação do DNA para investigar as variações epigenéticas decorrentes de morfotipos derivados de protoplastos (filamentosos e esféricos) (Gupta et al. 2012).

Fonte da imagem:  
(<https://www.algaebase.org/>).

*Ulva rigida*



Objetivo do cultivo: desenvolver um fotobiorreator de macroalgas integrado em um edifício. o sistema foi demonstrado por 6 meses permitindo quantificar a taxa de crescimento, proteína, cinzas, densidade energética específica e determinado teor de carboidratos .

Fonte da imagem:  
(<https://www.algaebase.org/>).

*Ulva ohnoi*



Objetivo do cultivo: avaliar o potencial das nanopartículas à base de quitosana desta alga para incorporar a ulvana como nanotransportador no macrófago de *Solea senegalensis* (Fernández-Díaz et al. 2017).

Fonte da imagem:  
(<https://www.algaebase.org/>).



# Que fatores abióticos são usados nos cultivos de macroalgas?

Fatores abióticos influenciam diretamente a manutenção das macroalgas em laboratório e conhecê-los é fundamental para o estabelecimento de um sistema de cultivo. Aqui apresentamos os meios de cultivo, irradiância e fotoperíodo mais usados para os três grupos de algas. As temperaturas foram descritas para cada grupo.





# Aplicações biotecnológicas atuais

As macroalgas marinhas cultivadas em laboratório são uma fonte sustentável de produtos que podem ser utilizadas como medicamentos, combustíveis, cosméticos, alimentos para animais e humanos, fertilizantes e no tratamento de resíduos industriais. Aqui são apresentados os principais objetivos de estudo no cultivo de macroalgas em condições de laboratório e suas potenciais aplicações biotecnológicas.





# Algas cultivadas em laboratório no Brasil

Entre as macroalgas cultivadas em laboratório no Brasil destacam-se as algas pertencentes aos gêneros *Gracilaria*, *Kappaphycus*, *Gracilariopsis*, *Laurencia*, *Hypnea*, *Pyropia*, *Dictyota*, *Sargassum* e *Ulva*.



Espécie cultivada (Referência), Local de coleta/ Local de estudo

(1) *Dictyota menstrualis*, (Martins et al. 2016), RN/SP.

(2) *Gayralia* spp. (Pellizzari et al. 2008), PR/SP.

(3) *Gracilaria caudata* e *Laurencia catarinensis* (Souza et al., 2019), PE e RJ/ SP.

(4) *Gracilariopsis tenuifrons* (Torres et al., 2015), BG0039, Germplasm Bank/ SP.

(5) *Hypnea musciformis* (Ramlov et al., 2019), SC/SC.

(6) *Hypnea pseudomusciformis* (Nauer et al. 2021), SC/SP.

(7) *Kappaphycus alvarezii* (Schmidt et al. 2010), SC/ SC.

(8) *Kappaphycus alvarezii* (Zitta et al. 2013), SC/SC.

(9) *Kappaphycus alvarezii* (La Macchia Pedra et al. 2017), SC/SC.

(10) *Kappaphycus alvarezii* (Pires et al. 2021), SC/ SC.

(11) *Kappaphycus alvarezii* (Ventura 2020), SC/SC.

(12) *Laurencia catarinensis* (Araújo 2021), RJ/SP.

(13) *Pyropia acanthophora* (Pereira et al. 2020), SC/SC.

(14) *Sargassum cymosum* (Polo et al 2015), SC/SC.

*Sargassum cymosum* (Polo et al. 2014), SC/SC.

(15) *Sargassum cymosum* e

*Hypnea pseudomusciformis* (Costa et al, 2019), SC/SC.

(16) *Ulva lactuca* e *Sargassum stenophyllum* (Schermer et al. 2013), SC/SC.



# Referências

- Accoroni S., Percopo I., Cerino F., et al., 2015. Allelopathic interactions between the HAB dinoflagellate *Ostreopsis cf. ovata* and macroalgae. *Harmful Algae* 49:147–155. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2015.08.007>
- Ali M.K.M., Critchley A.T., Hurtado A.Q., 2020. Micropropagation and sea-based nursery growth of selected commercial *Kappaphycus* species in Penang, Malaysia. *Journal of Applied Phycology*, 32:1301–1309. <https://doi.org/10.1007/s10811-019-02003-4>
- AlgaBase (1996). Disponível em: <https://www.algaebase.org>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2022.
- Araújo P.G., Souza J.M.C., Pasqualetti C.B., et al., 2021. Auxin and cytokinin combinations improve growth rates and protein contents in *Laurencia catarinensis* (Rhodophyta). *Journal of Applied Phycology*, 33:1071–1079. <https://doi.org/10.1007/s10811-020-02334-7>
- Bailes IR, Gröcke DR., 2020. Isotopically labelled macroalgae: A new method for determining sources of excess nitrogen pollution. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 34:1–11. <https://doi.org/10.1002/rcm.8951>
- Barahona L.F., Rorrer G.L., 2003. Isolation of halogenated monoterpenes from bioreactor-cultured microplantlets of the macrophytic red algae *Ochtodes secundiramea* and *Portieria hornemannii*. *Journal of Natural Products*, 66:743–751. <https://doi.org/10.1021/np0206007>.
- Baker, A.L. et al. (2012). *Phycokey -- an image based key to Algae (PS Protista), Cyanobacteria, and other aquatic objects*. University of New Hampshire Center for Freshwater Biology. Disponível em: <http://cfb.unh.edu/phycokey/phycokey.htm>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2022.
- Baweja, P., Sahoo, D., García-Jiménez, P. & Robaina, R. R. (2009). Seaweed tissue culture as applied to biotechnology: problems, achievements and prospects. *Phycological Research*, 57(1), 45-58.
- Bogaert K., Beeckman T., De Clerck, O., 2016. Abiotic regulation of growth and fertility in the sporophyte of *Dictyota dichotoma* (Hudson) J.V. Lamouroux (Dictyotales, Phaeophyceae). *Journal of Applied Phycology*, 28:2915–2924. <https://doi.org/10.1007/s10811-016-0801-z>
- Cai Y., Li G., Zou D., et al., 2021. Rising nutrient nitrogen reverses the impact of temperature on photosynthesis and respiration of a macroalga *Caulerpa lentillifera* (Ulvophyceae, Caulerpaceae). *Journal of Applied Phycology*, 33:1115–1123. <https://doi.org/10.1007/s10811-020-02340-9>
- Camacho, O., Mattio, L., Draisma, S., Fredericq, S., & Diaz-Pulido, G. (2015). Morphological and molecular assessment of *Sargassum* (Fucales, Phaeophyceae) from Caribbean Colombia, including the proposal of *Sargassum giganteum* sp. nov., *Sargassum schnetteri* comb. nov. and *Sargassum* section *Cladophyllum* sect. nov. *Systematics and Biodiversity*, 13(2), 105-130.
- Chemodanov A., Robin A., Golberg A., 2017. Design of marine macroalgae photobioreactor integrated into building to support seagrass culture for biorefinery and bioeconomy. *Bioresource Technology*, 241:1084–1093. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.06.061>
- Chen Y.C., 2011. The hormesis of the green macroalga *Ulva fasciata* with low-dose 60cobalt gamma radiation. *Journal of Phycology*, 47:939–943. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2011.01018.x>
- Cox, S.; Gupta, S.; Abu-Ghannam, N. Effect of different rehydration temperatures on the moisture, content of phenolic compounds, antioxidant capacity and textural properties of edible Irish brown seaweed. *LWT Food Sci. Tech.* 2012, 47, 300–307. *algas*
- Dawange P. & Jaiswar S., 2020. Effects of *Ascophyllum* marine plant extract powder (AMPEP) on tissue growth, proximate, phenolic contents, and free radical scavenging activities in endemic red seaweed *Gracilaria corticata* var. *cylindrica* from India. *Journal of Applied Phycology*, 32:4127–4135. <https://doi.org/10.1007/s10811-020-02254-6>
- De La Fuente G., Chiantore M., Asnaghi V., et al., 2019. First ex situ outplanting of the habitat-forming seaweed *Cystoseira amentacea* var. *stricta* from a restoration perspective. *PeerJ* 7:. <https://doi.org/10.7717/peerj.7290>
- Dobretsov S., Véliz K., Romero M.S., et al., 2020. Impact of UV radiation on the red seaweed *Gelidium lingulatum* and its associated bacteria. *European Journal Phycology*, 00:1–13. <https://doi.org/10.1080/09670262.2020.1775309>
- El Gamal, A. A. (2010). Biological importance of marine algae. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 18(1), 1-25.
- Endo H., Okumura Y., Sato Y., Agatsuma Y., 2017. Interactive effects of nutrient availability, temperature, and irradiance on photosynthetic pigments and color of the brown alga *Undaria pinnatifida*. *Journal of Applied Phycology*, 29:1683–1693. <https://doi.org/10.1007/s10811-016-1036-8>
- Fernández-Díaz C., Coste O., Malta E., 2017. Polymer chitosan nanoparticles functionalized with *Ulva ohnoi* extracts boost *in vitro* ulvan immunostimulant effect in *Solea senegalensis* macrophages. *Algal Research*, 26:135–142. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2017.07.008>
- Gordillo F.J.L., Dring M.J., Savidge G., 2002. Nitrate and phosphate uptake characteristics of three species of brown algae cultured at low salinity. *Marine Ecology Progress Series*, 234:111–118
- Groisillier A., Shao Z., Michel G., et al., 2014. Mannitol metabolism in brown algae involves a new phosphatase family. *Journal of Experimental Botany*, 65:559–570. <https://doi.org/10.1093/jxb/ert405>
- *Gelidium canariense* (Grunow) Seoane-Camba ex Haroun, Gil-Rodríguez, Díaz de Castro & Prud'homme van Reine. Disponível em: <https://www.biodiversidadcanarias.es/biota/especie/E0324>Acesso em: 10 de fevereiro de 2022.
- Gupta V., Bijo A.J., Kumar M., et al., 2012. Detection of epigenetic variations in the protoplast-derived germlings of *Ulva reticulata* using methylation sensitive amplification polymorphism (MSAP). *Marine Biotechnology* 14:692–700. <https://doi.org/10.1007/s10126-012-9434-7>
- Han T., Qi Z., Huang H., et al., 2018. Nitrogen uptake and growth responses of seedlings of the brown seaweed *Sargassum hemiphyllum* under controlled culture conditions. *Journal of Applied Phycology*, 30:507–515. <https://doi.org/10.1007/s10811-017-1216-1>
- Hasan, M. R. & Rina, C. (2009). Use of algae and aquatic macrophytes as feed in small-scale aquaculture: a review (No. 531). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)
- Huang R, Chen YC (2018) The hormesis effects of low-dose 60 Co gamma irradiation on high-temperature tolerance in cultivated *Sargassum horneri* (Fucales, Phaeophyceae). *Journal of Applied Phycology*, 30:3395–3404. <https://doi.org/10.1007/s10811-018-1521-3>
- Ibraheem, I. B. M., Alharbi, R. M., Abdel-Raouf, N., & Al-Enazi, N. M. (2014). Contributions to the study of the marine algae inhabiting Umluj Seashore, Red Sea. *Beni-suef University Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(4), 278-285



- Kadam, S. U., Tiwari, B. K. & O'Donnell, C. P. (2013). Application of novel extraction technologies for bioactives from marine algae. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(20), 4667-4675.
- Kavale, M. G., Kazi, M. A., & Sreenadhan, N. (2015). *Pyropia acanthophora* var. *robusta* var. nov. (Bangiales, Rhodophyta) from Goa, India.
- Kawai, H., Motomura, T. & Okuda, K. (2005). Isolation and purification techniques for macroalgae. *Algal Culturing Techniques*, 133.
- Kerrison P., Suggett D.J., Hepburn L.J., et al., 2012. Effect of elevated pCO<sub>2</sub> on the production of dimethylsulphoniopropionate (DMS) and dimethylsulphide (DMS) in two species of *Ulva* (Chlorophyceae). *Biogeochemistry* 110:5–16. <https://doi.org/10.1007/s10533-012-9707-2>
- KleinJan H, Jeanthon C, Boyen C., Dittami SM., 2017. Exploring the cultivable *Ectocarpus* microbiome. *Frontiers in Microbiology*, 8:2456. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.02456>
- Kumar V., Zozaya-Valdes, E., Kjelleberg, S., et al., 2016. Multiple opportunistic pathogens can cause bleaching disease of the red seaweed *Delisea pulchra* V. Pr. *Environmental Microbiology*, 18:3962–3975. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.13403>
- Kyaw S.P.P., Wai M.K., Nyunt T. et al., 2009. Effects of light intensity on the formation and growth of the secondary branches of *Dictyota adnata* Zanardini grown in different salinity and temperature regimes. *Journal of the Myanmar Academy of Arts and Science*, 7: 321-331
- Lafontaine N., Mussio I., Rusig A.M., 2011. Production and regeneration of protoplasts from *Grateloupia turuturu* Yamada (Rhodophyta). *Journal of Applied Phycology*, 23:17–24. <https://doi.org/10.1007/s10811-010-9527-5>
- MacArtain, P., Gill, C. I., Brooks, M., Campbell, R. & Rowland, I. R. (2007). Nutritional value of edible seaweeds. *Nutrition Reviews*, 65(12), 535-543.
- Magcanta M.L.M., Calala L.R., Cabactulan F.B., et al., 2021. In vitro egg release and fertilization of *Sargassum polycystum* C. Agardh, 1824 in response to different environmental conditions. *Philippine Journal of Science*, 150:729–736
- Makkar, H. P., Tran, G., Heuzé, V., Giger-Reverdin, S., Lessire, M., Lebas, F. & Ankers, P. (2016). Seaweeds for livestock diets: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 212, 1-17
- Maliakal S., Cheney D.P., Rorrer G.L., 2001. Halogenated monoterpene production in regenerated plantlet cultures of *Ochtodes secundiramea* (Rhodophyta, Cryptonemiales). *Journal of Applied Phycology*, 37(6), 1010-1019. <https://doi.org/10.1046/j.1529-8817.2001.00120.x>
- Mandal S.K., Ajay G., Monisha N., et al., 2015. Differential response of varying temperature and salinity regimes on nutrient uptake of drifting fragments of *Kappaphycus alvarezii*: implication on survival and growth. *Journal of Applied Phycology*, 27:1571–1581. <https://doi.org/10.1007/s10811-014-0469-1>
- Marián F.D., García-Jiménez P. & Robaina R.R. 2000. Polyamines in marine macroalgae: Levels of putrescine, spermidine and spermine in the thalli and changes in their concentration during glycerol-induced cell growth *in vitro*. *Physiologia Plantarum*, 110:530–534. <https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.2000.1100416.x>
- Martins A.P., Yokoya N.S., Colepicolo P., 2016. Biochemical modulation by carbon and nitrogen addition in cultures of *Dictyota menstrualis* (Dictyotales, Phaeophyceae) to generate oil-based bioproducts. *Marine Biotechnology*, 18:314–326. <https://doi.org/10.1007/s10126-016-9693-9>
- Mata L., Gaspar H. & Santos R., 2012. Carbon/nutrient balance in relation to biomass production and halogenated compound content in the red alga *Asparagopsis taxiformis* (Bonnemaisoniaceae). *Journal of Phycology*, 48:248–253. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2011.01083.x>
- Matsuo Y., Suzuki M., Kasai H., et al., 2003. Isolation and phylogenetic characterization of bacteria capable of inducing differentiation in the green alga *Monostroma oxyspermum*. *Environmental Microbiology*, 5:25–35. <https://doi.org/10.1046/j.1462-2920.2003.00382.x>
- Mo V.T., Cuong L.K., Tung H.T., et al., 2020. Somatic embryogenesis and plantlet regeneration from the seaweed *Kappaphycus striatus*. *Acta Physiologiae Plantarum* 42:1–11. <https://doi.org/10.1007/s11738-020-03102-3>
- Montoya V., Meynard A., Contreras-Porcia L., et al. 2020. Molecular identification, growth, and reproduction of *Colaconema daviesii* (Rhodophyta; Colaconematales) endophyte of the edible red seaweed *Chondracanthus chamissoi*. *Journal of Applied Phycology*, 32:3533–3542. <https://doi.org/10.1007/s10811-020-02176-3>
- Mussio I., Rusig A.M., 2009. Morphogenetic responses from protoplasts and tissue culture of *Laminaria digitata* (Linnaeus) J. V. Lamouroux (Laminariales, Phaeophyta): Callus and thaloid-like structures regeneration. *Journal of Applied Phycology*, 21:255–264. <https://doi.org/10.1007/s10811-008-9359-8>
- Nauer F., Borburema H.D.S., Yokoya NS, et al., 2021. Effects of ocean acidification on growth, pigment contents and antioxidant potential of the subtropical Atlantic red alga *Hypnea pseudomusciformis* Nauer, Cassano & M.C. Oliveira (Gigartinales) in laboratory. *Revista Brasileira de Botânica*, 44:69–77. <https://doi.org/10.1007/s40415-020-00693-6>
- Nauer, F., Naves, M., Plastino, E. M., Oliveira, M. C., & Fujii, M. T. (2020). Ecotypes of *Hypnea pseudomusciformis* (Cystocloniaceae, Rhodophyta) revealed by physiological, morphological, and molecular data. *Journal of Applied Phycology*, 32(6), 4399-4409.
- Nishihara G.N., Mori Y., Terada R., et al., 2004. A simplified method to isolate and cultivate, *Laurencia brongniartii* J. Agardh (Rhodophyta, Ceramiales) from Kagoshima, Japan. *Aquaculture Science*, 52:1–10. <https://doi.org/10.11233/aquaculturesci1953.52.1>
- Nurrahmawan M.E., Oktafitria D., Purnobasuki H., et al., 2021. *In vitro* shoot micropropagation of *Gracilaria verrucosa* using plant growth dual regulators. *AAFL Bioflux* 14:655–663
- Obando, J. M. C., dos Santos, T. C., Martins, R. C. C., Teixeira, V. L., Barbarino, E., & Cavalcanti, D. N. (2022). Current and promising applications of seaweed culture in laboratory conditions. *Aquaculture*, 738596. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738596>
- Öztaşkent C., Ak İ., 2021. Effect of LED light sources on the growth and chemical composition of brown seaweed *Treptacantha barbata*. *Aquaculture International*, 29:193–205. <https://doi.org/10.1007/s10499-020-00619-9>
- Pavia H, Toth G.B., 2000. Influence of light and nitrogen on the phlorotannin content of the brown seaweeds *Ascophyllum nodosum* and *Fucus vesiculosus*. *Hydrobiologia* 440:299–305. <https://doi.org/10.1023/A:1004152001370>
- Pellizzari F., Oliveira E.C., Yokoya N.S., 2008. Life-history, thallus ontogeny, and the effects of temperature, irradiance and salinity on growth of the edible green seaweed *Gayralia* spp. (Chlorophyta) from Southern Brazil. *Journal of Applied Phycology*, 20:75–82. <https://doi.org/10.1007/s10811-007-9183-6>
- Pereira, D. T., Ouriques, L. C., Bouzon, Z. L. & Simioni, C., 2020. Effects of high nitrate concentrations on the germination of carpospores of the red seaweed *Pyropia acanthophora* var. *brasiliensis* (Rhodophyta, Bangiales). *Hydrobiologia*, 847:1, 217-228. <https://doi.org/10.1007/s10750-019-04083-2>



- Polo L.K., Marthiellen M.R., Kreusch M., et al., 2014. Photoacclimation responses of the brown macroalga *Sargassum cymosum* to the combined influence of UV radiation and salinity: Cytochemical and ultrastructural organization and photosynthetic performance. *Photochemistry and Photobiology*, 90:560–573. <https://doi.org/10.1111/php.12224>
- Ramlov F., Carvalho T.J.G., Costa G.B., et al., 2019. *Hypnea musciformis* (Wulfen) J. V. Lamour. (Gigartinales, Rhodophyta) responses to gasoline short-term exposure: Biochemical and cellular alterations. *Acta Botanica Brasilica* 33:116–127. <https://doi.org/10.1590/0102-33062018abb0379>
- Rorrer, G. L. & Cheney, D. P. (2004). Bioprocess engineering of cell and tissue cultures for marine seaweeds. *Aquacultural Engineering*, 32(1), 11-41.
- Scherner F., Ventura R., Barufi J.B., Horta P.A., 2013. Salinity critical threshold values for photosynthesis of two cosmopolitan seaweed species: Providing baselines for potential shifts on seaweed assemblages. *Marine Environmental Research*, 91:14–25. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2012.05.007>
- Souza J.M.C., Castro J.Z., Critchley A.T., et al., 2019. Physiological responses of the red algae *Gracilaria caudata* (Gracilariales) and *Laurencia catarinensis* (Ceramiales) following treatment with a commercial extract of the brown alga *Ascophyllum nodosum* (AMPEP). *Journal of Applied Phycology*, 31:1883–1888. <https://doi.org/10.1007/s10811-018-1683-z>
- Spoerner M., Wichard T., Bachhuber T., et al., 2012. Growth and thallus morphogenesis of *Ulva mutabilis* (Chlorophyta) depends on a combination of two bacterial species excreting regulatory factors. *Journal of Phycology*, 48:1433–1447. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2012.01231.x>
- Steen H., 2004. Effects of reduced salinity on reproduction and germling development in *Sargassum muticum* (Phaeophyceae, Fucales). *European Journal of Phycology*, 39:293–299. <https://doi.org/10.1080/09670260410001712581>
- Terada R., Inoue S., Nishihara G.N., 2013. The effect of light and temperature on the growth and photosynthesis of *Gracilariopsis chorda* (Gracilariales, Rhodophyta) from geographically separated locations of Japan. *Journal of Applied Phycology*, 25:1863–1872. <https://doi.org/10.1007/s10811-013-0030-7>
- Torres, P.B., Chow, F. & Santos D.Y., 2015. Growth and photosynthetic pigments of *Gracilariopsis tenuifrons* (Rhodophyta, Gracilariaceae) under high light *in vitro* culture. *Journal of Applied Phycology*, 27:1243–1251. <https://doi.org/10.1007/s10811-014-0418-z>
- Vega J., Álvarez-Gómez F., Güenaga L., et al., 2020. Antioxidant activity of extracts from marine macroalgae, wild-collected and cultivated, in an integrated multi-trophic aquaculture system. *Aquaculture* 522: 735088. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735088>
- Verdura J., Sales M., Ballesteros E., et al., 2018. Restoration of a canopy-forming alga based on recruitment enhancement: Methods and long-term success assessment. *Front Plant Science*, 9:1–12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01832>
- Vesty E.F., Kessler R.W., Wichard T., Coates J.C. (2015) Regulation of gametogenesis and zoosporogenesis in *Ulva linza* (Chlorophyta): Comparison with *Ulva mutabilis* and potential for laboratory culture. *Front Plant Sci* 6:1–8. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00015>
- Wichard, T. (2015). Exploring bacteria-induced growth and morphogenesis in the green macroalga order Ulvales (Chlorophyta). *Frontiers in Plant Science*, 6, 86.
- Wijayanto A., Widowati I., Winanto T., 2020. Domestication of red seaweed (*Gelidium latifolium*) in different culture media. *Ilmu Kelaut Indonesian Journal of Marine Sciences*, 25:39–44. <https://doi.org/10.14710/ik.ijms.25.1.39-44>
- Wikimedia Commons (2010). *Dictyota adnata*. Disponível: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dictyota\\_adnata.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dictyota_adnata.jpg). Acesso em: 10 de fevereiro de 2022.
- Xie X., Lu X., Wang L., et al., 2020. High light intensity increases the concentrations of  $\beta$ -carotene and zeaxanthin in marine red macroalgae. *Algal Research*, 47:101852. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2020.101852>
- Xiong Y., Yang R., Sun X., et al., 2018. Effect of the epiphytic bacterium *Bacillus* sp. WPySW2 on the metabolism of *Pyropia haitanensis*. *Journal of Applied Phycology*, 30:1225–1237. <https://doi.org/10.1007/s10811-017-1279-z>
- Xu Z., Zou D., Gao K., 2010. Effects of elevated CO<sub>2</sub> and phosphorus supply on growth, photosynthesis and nutrient uptake in the marine macroalgae *Gracilaria lemaneiformis* (Rhodophyta). *Botanica Marina*, 53:123–129. <https://doi.org/10.1515/BOT.2010.012>
- Yang, M. Y., Macaya, E. C., & Kim, M. S. (2015). Molecular evidence for verifying the distribution of *Chondracanthus chamissoi* and *C. teedei* (Gigartinales, Rhodophyta). *Botanica Marina*, 58(2), 103-113.
- Yokoya, N. S. & Yoneshigue-Valentin, Y. (2011). Micropropagation as a tool for sustainable utilization and conservation of populations of Rhodophyta. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 21(2), 334-339.
- Zhang, Y., Yan, X. H., & Aruga, Y. (2013). The sex and sex determination in *Pyropia haitanensis* (Bangiales, Rhodophyta). *Plos One*, 8(8), e73414.
- Zou D., 2005. Effects of elevated atmospheric CO<sub>2</sub> on growth, photosynthesis and nitrogen metabolism in the economic brown seaweed, *Hizikia fusiforme* (Sargassaceae, Phaeophyta). *Aquaculture*, 250:726–735. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.05.014>. *Acta Botanica Brasilica* 33:116–127. <https://doi.org/10.1590/0102-33062018abb0379>



# Contribuições

Johana Marcela Concha Obando, Thalisia Cunha e Diana Negrão Cavalcanti: Conceptualização. Johana Marcela Concha Obando, Thalisia Cunha: Metodologia, Redação, Elaboração da versão original, Revisão, Edição e Revisão crítica. Diana Negrão Cavalcanti, Elisabete Barbarino e Roberto Carlos Campos Martins: Revisão crítica e supervisão. Diana Negrão Cavalcanti: Aquisição de financiamento.



# Autores



Thalisia Cunha dos Santos

Graduada em química pela UFF e mestranda em Química de Produtos Naturais pela UFRJ. Foi estagiária do Laboratório de Farmacognosia da Universidade do Porto em Portugal, desenvolvendo projeto na área de atividade antidiabética e antioxidante de compostos bioativos de algas pardas. Atualmente, é integrante dos grupos de pesquisas LAPEMESP e ALGAMAR desenvolvendo projetos com linha de atuação em química de produtos naturais de algas e cultivo de macroalgas.



J. Marcela Concha Obando

Bióloga formada na UDENAR-Colômbia; com experiência de investigação na área de biotecnologia, biologia molecular e microbiologia. Mestre em Biologia Marinha e Ambientes Costeiros pela UFF- Brasil (2018), com linha de atuação em química de diterpenos de algas pardas marinhas. Atualmente é doutoranda no programa de pós-graduação de Biologia Marinha ambientes Costeiros e faz parte do grupo de pesquisa ALGAMAR com linha de atuação em química, biossíntese de produtos naturais e cultivo *in vitro* de macroalgas marinhas.



Elisabete Barbarino

Professora Adjunta do Departamento de Biologia Marinha da Universidade Federal Fluminense. Possui graduação em Licenciatura em Ciências Biológicas pela UFRRJ, mestrado em Biotecnologia Vegetal pela UFRJ e doutorado em Biologia Marinha pela UFF. Tem experiência na área de Oceanografia, com ênfase em Oceanografia Biológica, atuando principalmente nos seguintes temas: nitrogênio, composição química, proteínas, microalgas, macroalgas e composição bioquímica, produção de microalgas para geração de biocombustível.



Roberto Carlos C. Martins

Professor Associado no Instituto de Pesquisa de Produtos Naturais Walter Mors da UFRJ. Possui graduação em Química-Bacharelado, pela UFPA, mestrado em Química pela UFRRJ e doutorado em Química Orgânica pela USP. Atua na área de Química dos Produtos Naturais, desenvolvendo projetos objetivando a aplicação de metodologias analíticas aplicadas à biossíntese de produtos naturais e prospecção de produtos bioativos de plantas terrestres e organismos marinhos.



Diana Negrão Cavalcanti

Professora da UFF e atual Coordenadora de Pós-graduação do Curso de Mestrado Profissional em Diversidade e Inclusão (CMPDI/UFF). Licenciada em Ciências Biológicas, especialista em Bioquímica, mestre e doutora em Química Orgânica (UFRJ). Atualmente, vem desenvolvendo pesquisas translacionais envolvendo o Transtorno do Espectro do Autismo. Coordena o Núcleo de Estudos e Pesquisa em Autismo da UFF (NEPA) e é co-fundadora da Associação Caminho Azul (instituição em prol do desenvolvimento de pessoas com autismo).