

# Aplicações Biotecnológicas da Macroalga *Kappaphycus alvarezii*: um estudo prospectivo

## *Biotechnological Applications of Macroalga Kappaphycus alvarezii: a prospective study*

Lúvia Galdino da Cruz Suzart<sup>1</sup>

Ana Lúcia do Amaral Vendramini<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, RJ, Brasil

### Resumo

A espécie *Kappaphycus alvarezii* é uma macroalga marinha do Filo Rhodophyta, mundialmente utilizada para a extração da carragenana, hidrocoloide de aplicação industrial, além de rica em biocompostos de interesse biotecnológico. O objetivo deste trabalho é identificar as tendências na utilização dessa macroalga e, assim, motivar o desenvolvimento da algicultura no Brasil. Os temas de maior interesse foram: cultivo, bioativos, nutrição, bioprodutos e bioestimulantes. Para isso, foram consultadas as seguintes bases de dados: Web of Science, Science direct, Scopus, Pubmed, Espacenet e INPI, no período de 1999-2019. Os resultados confirmaram crescente interesse mundial na utilização da macroalga e destacaram a liderança da China, Malásia e Brasil em publicações científicas, enquanto o estudo patentométrico apresentou a China como líder em depósitos, seguida pelos Estados Unidos e Japão, indicando a necessidade de aproximação entre produção científica e atividade produtiva para que o Brasil seja destaque no desenvolvimento da algicultura.

Palavras-chave: Propriedade Intelectual. *Kappaphycus alvarezii*. Biotecnologia Marinha.

### Abstract

The species *Kappaphycus alvarezii* is a marine macroalgae of the Phylum of the Rhodophyta, used worldwide for the extraction of carrageenan, a hydrocolloid of industrial application, besides being extremely rich in biocomposites of biotechnological interest. The objective of this work was to identify the trends in the use of this macroalgae, and thus to motivate the development of algiculture in Brazil. The topics of greatest interest were cultivation, bioactive, nutrition, bioproducts, and biostimulants. For this, the following databases were consulted: Web of Science, Science direct, Scopus, Pubmed, Espacenet, and INPI, in the period 1999-2019. The results confirmed growing worldwide interest in the use of macroalgae and highlighted the leadership of China, Malaysia and Brazil in scientific publications, while the patentometric study presented China as a leader in deposits, followed by the United States and Japan, indicating the need for closer production scientific and productive activity so that Brazil stands out in the development of algiculture.

Keywords: Intellectual Property. *Kappaphycus alvarezii*. Marine Biotechnology.

Área Tecnológica: Ciências do Mar. Compostos Biotecnológicos.



# 1 Introdução

As algas (macro e micro) representam 90% da biota oceânica e cobrem uma ampla variedade de organismos pertencentes a grupos filogenéticos muito diferentes. Em números aproximados de espécies, temos: Filo Chlorophyta (algas verdes): 17.000; Filo Phaeophyta (algas pardas): 1.500; Filo Rhodophyta (algas vermelhas): 6.000. Entretanto, mundialmente são utilizadas apenas 221 espécies de macroalgas marinhas (32 da Divisão *Chlorophyta*, 125 da Divisão *Rhodophyta*, 64 da Divisão *Phaeophyceae*), das quais 150 são favoráveis ao consumo humano (KUMARI *et al.*, 2010).

São organismos capazes de se adaptar em condições extremas e fornecem um tesouro em substâncias utilizadas na indústria de alimentos (DAWCZYNSKI; SCHUBERT; JAHREIS, 2007), de biocombustíveis (CHEMODANOV *et al.*, 2017), de fármacos (ÁLVAREZ-MUÑOZ *et al.*, 2015), de construção civil (BEZERRA; PEREIRA; LOPES, 2007), de cosméticos (ARIEDE *et al.*, 2017), de fertilizantes (ARIOLI; MATTNER; WINBERG, 2015), entre outras aplicações, cuja presença de compostos bioativos lhes conferiram o título de “plantas multifuncionais” (DHARGALKAR; PEREIRA, 2005).

Entre os países da América Latina com potencial para algicultura, o Brasil se destaca pela sua costa de 8.000 km<sup>2</sup>, geografia e clima favoráveis. Este estudo de prospecção tecnológica focou na espécie *Kappaphycus alvarezii* do filo Rhodophyta, introduzida experimentalmente no litoral norte do Estado de São Paulo em 1995. Pouco tempo depois, em 1998, teve início a prática da algicultura, ainda de forma insipiente, na Baía de Ilha Grande no Estado do Rio de Janeiro (HAYASHI; REIS, 2012; REIS *et al.*, 2009). No ano de 2005, o país estabeleceu o Plano Nacional de Recursos do Mar (BRASIL, 2005). Em 2008, a Instrução Normativa n. 185 do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA) regulamentou definitivamente a espécie no Brasil, sendo permitido o seu cultivo na região compreendida entre a Ilha Bela (SP) ao distrito de Itacuruçá, no município de Mangaratiba, localizado na Baía de Sepetiba (RJ) (IBAMA, 2008).

No Brasil, o pouco incentivo às pesquisas, a dificuldade de regulamentação das áreas de cultivo, o reduzido número de pessoas habilitadas no cultivo de algas, a ausência de fomento na algicultura, o desconhecimento do potencial de negócios e a ausência de compradores da alga são os principais motivos pelos quais a cadeia produtiva ainda não se desenvolveu na área demarcada. O país é um dos principais importadores de produtos de algas do mundo. Em 2019, o Brasil importou 2.392 toneladas de carragena e US\$ 136 milhões de alga seca apenas para atender à indústria de alimentos (BRASIL, 2019).

Nesse sentido, estudos de prospecção se fazem necessários para a tomada de decisão e a definição de estratégias dos setores público e privado. Tais estudos constituem um meio sistemático para mapear desenvolvimentos científicos e tecnológicos na escala mundial, capazes de influenciar significativamente uma indústria, a economia ou a sociedade. Contribuem, ainda, para o ganho econômico, a manutenção da biodiversidade e a inclusão social, abrangendo os três pilares da sustentabilidade (ALENCAR, 2008; SACCARO JR., 2011; MAYERHOFF, 2008; REIS; CASTELAR; SANTOS, 2017).

O objetivo geral deste estudo é realizar uma análise prospectiva, a fim de identificar as principais tendências internacionais na utilização da macroalga *Kappaphycus alvarezii*, utilizando como fonte de informação artigos científicos publicados e depósitos de patentes em escritórios nacionais e internacionais.

## 2 Metodologia

A metodologia adotada para este trabalho de prospecção caracterizou-se como descritiva, com análises quantitativa e qualitativa de viés cientométrico e patentométrico de dados dispersos em artigos científicos (periódicos dos bancos de dados Scopus, Science direct, Pubmed e Web of Science) e disponíveis em patentes depositadas no Escritório Europeu de Patentes Espacenet e no Escritório brasileiro de patentes do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI).

A base de dados foi elaborada considerando os registros das últimas duas décadas (1999-2019) e associando o nome da alga (*Kappaphycus alvarezii*) aos termos representativos das suas classes de utilização: *antioxidants, food or drink, biofuels, cosmetics or skin, bioactive compounds, fertilizer e seaweed or macroalgae*.

O tratamento bibliométrico foi realizado em julho de 2020 com auxílio dos *softwares* Microsoft Excel (versão 2010), VOSviewer e Microsoft Power BI. Na pesquisa cientométrica foram considerados o ano de publicação, os países de origem e os atores do processo (universidade ou centro de pesquisas). O levantamento patentométrico considerou: ano de depósito, depositantes (empresas, instituições ou pessoas físicas), países de origem e classificações da World Intellectual Property Organization (WIPO).

## 3 Resultados e Discussão

As buscas da palavra *Kappaphycus alvarezii* com os respectivos cruzamentos nas bases de dados totalizaram 1.579 artigos científicos e 200 patentes (Tabela 1), desconsiderando as palavras “*seaweed or macroalgae*”. Após aplicação de um processo de filtragem para excluir duplicatas e documentos não relacionados ao tema da pesquisa, foram totalizados 523 artigos e 96 patentes. Os dados pós-filtrados foram utilizados nas análises.

**Tabela 1** – Quantidade de artigos e de patentes relacionadas ao tema e distribuídos pelas bases de dados

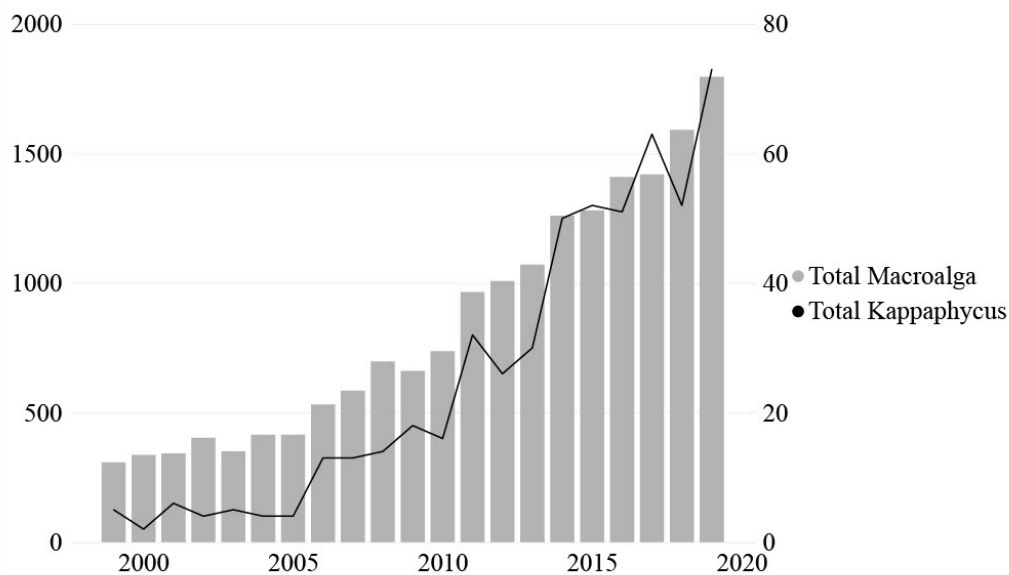
	SCOPUS	SCIENCE DIRECT	PUB MED	WEB OF SCIENCE	ESPACENET	INPI
(i) <i>Kappaphycus alvarezii</i>	460	339	263	517	200	0
(ii) <i>Kappaphycus alvarezii</i> AND antioxidant	151	97	145	64	33	0
(iii) <i>Kappaphycus alvarezii</i> AND food OR drink	260	19	204	60	111	0
(iv) <i>Kappaphycus alvarezii</i> AND biofuels	37	65	39	21	17	0
(v) <i>Kappaphycus alvarezii</i> AND cosmetics OR skin	33	13	38	11	98	0
(vi) <i>Kappaphycus alvarezii</i> AND bioactive	71	89	117	17	19	0
(vii) <i>Kappaphycus alvarezii</i> AND fertilizer	51	68	43	31	32	0
(viii) seaweed OR macroalgae	28.210	2.755	10.817	20.675	121.620	366

Fonte: Elaborada pelas autoras deste artigo a partir de dados coletados nas bases Scopus, Science Direct, Pub Med, Web of Science, Espacenet e INPI (1999-2019)

### 3.1 Tendência Histórica

A Figura 1 mostra que a produção científica mundial anual sobre o tema algas marinhas (*seaweed or macroalgae*) triplicou durante o período analisado (1999-2019). O número de publicações da *Kappaphycus alvarezii* acompanhou esse crescimento com uma média de 32 artigos por ano. A produção mundial de algas marinhas também acompanhou esse crescimento. Dados da FAO demonstraram que a produção mundial de algas também triplicou durante o período analisado. Embora o volume de estudos sobre a *Kappaphycus alvarezii* não esteja diretamente associado ao volume de produção algal, é nítido que existe um aumento de interesse por essa matéria-prima.

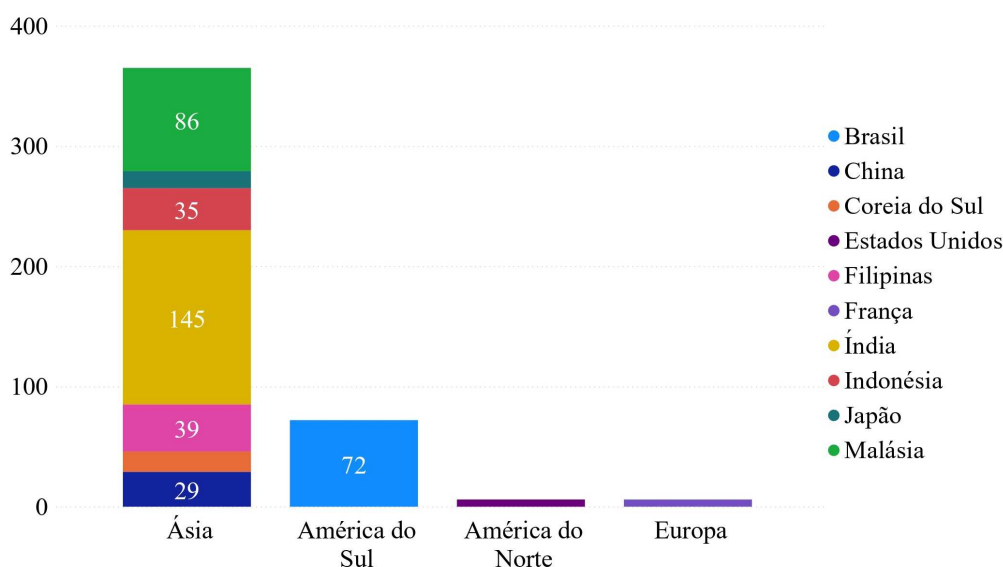
**Figura 1** – Comparativo do número de artigos relacionados ao programa Microsoft Power BI no período 1999-2019 – *Kappaphycus alvarezii* e artigos publicados com relação a macroalgas em geral



Fonte: Elaborada pelas autoras deste artigo (1999-2019)

### 3.2 Distribuição Geográfica

No total há 43 países com artigos publicados sobre a macroalga *Kappaphycus alvarezii*. Em termos globais, o país com a maior quantidade de artigos publicados no período de estudo é a Índia (147), seguido pela Malásia (86) e pelo Brasil (72), conforme pode ser observado na Figura 2.

**Figura 2** – Quantidade de artigos publicados sobre a macroalga *Kappaphycus alvarezii* (período de 1999-2019) – distribuídos por continentes e países, acima de seis publicações no período

Fonte: Elaborada pelas autoras deste artigo (1999-2019)

Em termos de regiões continentais, a Ásia lidera as publicações científicas sobre a macroalga *Kappaphycus alvarezii*, com 72% dos artigos publicados no período, seguido pela América do Sul (15%) e Europa (6%). As demais regiões, incluindo América do Norte, África e Oceania, publicaram 5% do total de artigos no período. O Continente asiático lidera também a produção de algas, sediando 66% dos maiores produtores (FAO, 2019). A expectativa mundial para a chamada “década dos oceanos” é que haja uma forte expansão da produção algal no mundo, sendo o crescimento na América Latina de aproximadamente 12% (FAO, 2019).

A produção científica brasileira sobre o tema apresentou crescimento contínuo desde o ano 2000, alcançando o pico de publicações no ano de 2014, voltando a crescer no ano de 2019 após um leve declínio. O Chile, país com maior produção algal da América Latina, tem o quantitativo de publicações 24 vezes menor (três publicações) se comparado ao Brasil (72 publicações), país cuja produção algal ainda é incipiente (REIS; CASTELAR; SANTOS, 2017). Verifica-se, assim, que a produção científica, mesmo associada a condições climáticas e ambientais favoráveis, não é suficiente para o desenvolvimento da cadeia produtiva.

### 3.3 Atores do Processo e Temas das Publicações

As instituições mais representativas na publicação sobre o tema estão apontadas na Tabela 2. Das 229 instituições de pesquisa distribuídas nos cinco continentes que publicaram sobre o tema da pesquisa, 15 delas são centros de pesquisas específicos para estudo de ciências do mar. As instituições da Índia possuem programas integrados entre centros de pesquisas e empresas privadas que promovem a cadeia produtiva de algas marinhas, fomentando um ecossistema de produção científica e de inovação tecnológica no setor, tendo publicado 60 artigos sobre a *Kappaphycus* nas suas três principais instituições de pesquisa, as principais instituições do Brasil concentraram 50 artigos, estando entre as 10 instituições mais representativas. Entre as 50 publicações, 40 abordam o tema “cultivo”. Mundialmente, esse tema foi maior no período que antecedeu os anos de 2013. Diferentemente da Índia, cuja alga é nativa e o aproveitamento



industrial é consolidado, no Brasil, a alga é exótica, e os estudos sobre o tema “cultivo” foram realizados a fim de descartar possibilidades de invasão biótica e de comprometimento de ecossistemas, além da avaliação de sua incorporação ao meio, com adaptação e desenvolvimento de modos de cultivo nas águas continentais brasileiras. Nos anos mais recentes, as publicações estudaram sua composição e a viabilidade econômica.

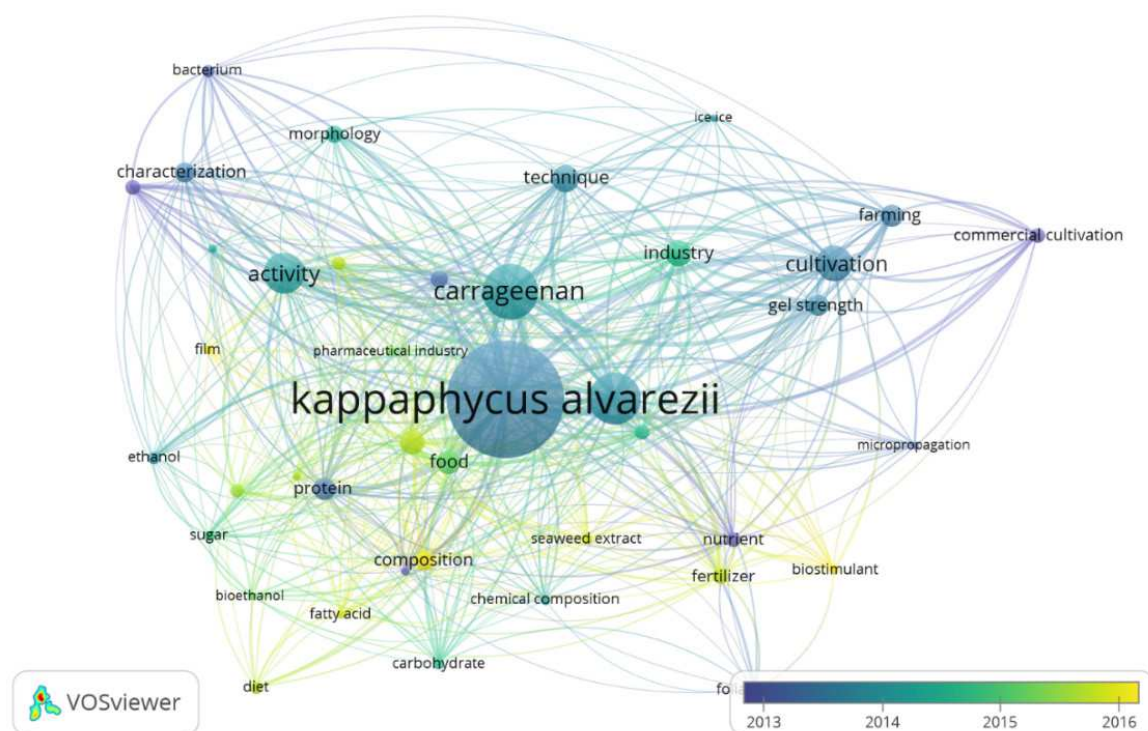
**Tabela 2** – Instituições de pesquisa que publicaram mais de 12 artigos no período 1999-2019

INSTITUIÇÕES	QUANTIDADE DE PUBLICAÇÕES
Central Salt and Marine Chemicals Research Institute India	42
University Malaysia Sabah	30
Universidade Federal de Santa Catarina	21
Instituto de Pesquisas do Jardim Botânico do Rio de Janeiro	16
Pukyong National University	16
University Kebangsaan Malaysia	13
Universidade de São Paulo	13
University India	12

Fonte: Elaborada pelas autoras deste artigo (1999-2019)

Aplicando o *software* VOSviewer nos 523 artigos, o mapa (Figura 3) mostra que o termo “Kappaphycus alvarezii” possui a taxa de centralidade com 657 ocorrências. Após seleção das palavras/temas com maior número de ocorrência, foram organizados os resultados em 16 categorias e apresentados na Tabela 3.

**Figura 3** – Mapa apresentando as palavras que mais ocorreram nos textos analisados



Fonte: Elaborada pelas autoras deste artigo com a utilização do *software* VOSviewer (1999-2019)

**Tabela 3** – Principais temas contemplados nas publicações científicas de *Kappaphycus alvarezii*

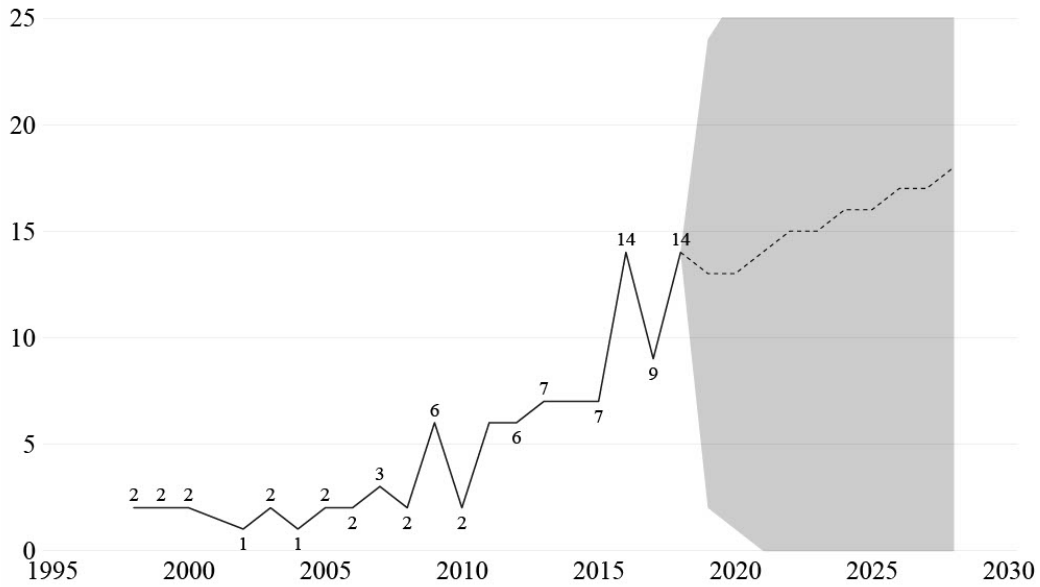
TEMAS	CATEGORIAS	QUANTIDADE DE PUBLICAÇÕES
Ambiental (255)	Cultivo	144
	Filogenia	21
	Metabolismo da alga	19
	Ecologia	12
	Fertilizantes/bioestimulantes	33
	Biorremediação	18
	Transgenia	8
Alimentos e bem-estar (176)	Compostos bioativos	59
	Alimento e nutrição	51
	Composição	16
	Bioprodutos	40
	Fármacos e Cosméticos	10
Exploração econômica (55)	Exploração	29
	Carragena (identificação e quantificação)	26
	Biocombustíveis	32
	Outros	5
	Total de publicações	523

Fonte: Elaborada pelas autoras deste artigo (1999-2019)

### 3.4 Patentes

Os estudos patentométrico com foco na *Kappaphycus alvarezii* (96 registros) seguiram as etapas de avaliação da tendência histórica, análise geográfica, distribuição histórica por países analisados, principais depositantes e, por fim, análise minuciosa do conteúdo das patentes com base no Código Internacional de Patentes e nos grupos de palavras-chave. A maior evolução ocorre entre os anos de 2015, seguida por um momentâneo declínio em 2016 e recuperação nos anos seguintes. A partir de uma análise realizada no programa Microsoft Power BI (*business intelligence*), existe uma previsão de crescimento no número de depósitos nos próximos 10 anos (Figura 4).

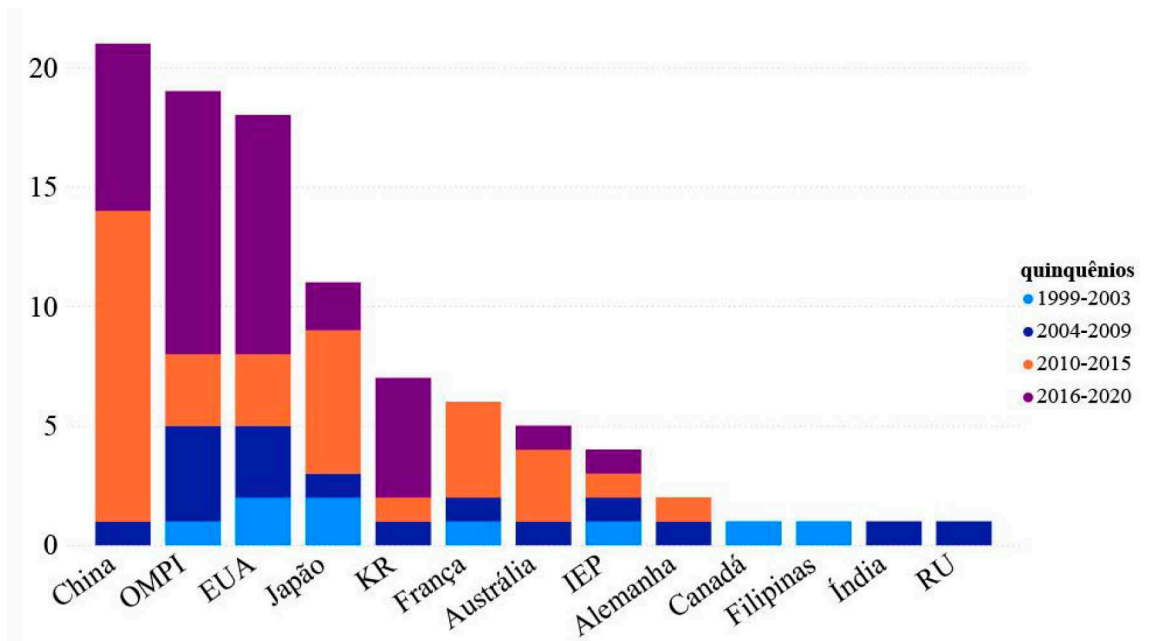
**Figura 4** – Número de patentes relacionadas à macroalga *Kappaphycus alvarezii* e previsão do crescimento para os próximos 10 anos, segundo programa Microsoft Power BI (período 1999-2019)



Fonte: Elaborada pelas autoras deste artigo

Entre os blocos avaliados, a Ásia lidera o patenteamento com 41% das patentes depositadas no período, seguido pela Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI) que somam 24%, América do Norte (19%) e Europa (17%). Em cada um dos blocos, os líderes são, respectivamente, China (51% das patentes asiáticas), Estados Unidos (94% das patentes norte-americanas) e França (35% das patentes europeias), conforme a evolução dos principais países depositantes ao longo do tempo, quatro períodos (Figura 5).

**Figura 5** – Tendência histórica de países depositantes de patentes por quinquênio



Siglas: Organização Mundial da Propriedade Industrial (OMPI), Coreia do Sul (KR), Instituto Europeu de Patentes (IEP), Federação Russa (RU).

Fonte: Elaborada pelas autoras deste artigo (1999-2019)



O protagonismo da China, tanto nas publicações científicas quanto na propriedade intelectual, pode ser explicado pelos fortes investimentos em ciência e tecnologia que o país despendeu nos últimos anos (SHI; GUO; SUN, 2017). Os Estados Unidos assumem a segunda posição do total de depósitos. Embora esse país não tenha representação como produtor de *Kappaphycus alvarezii*, ele concentra esforços para fomentar a cadeia de valor da alga.

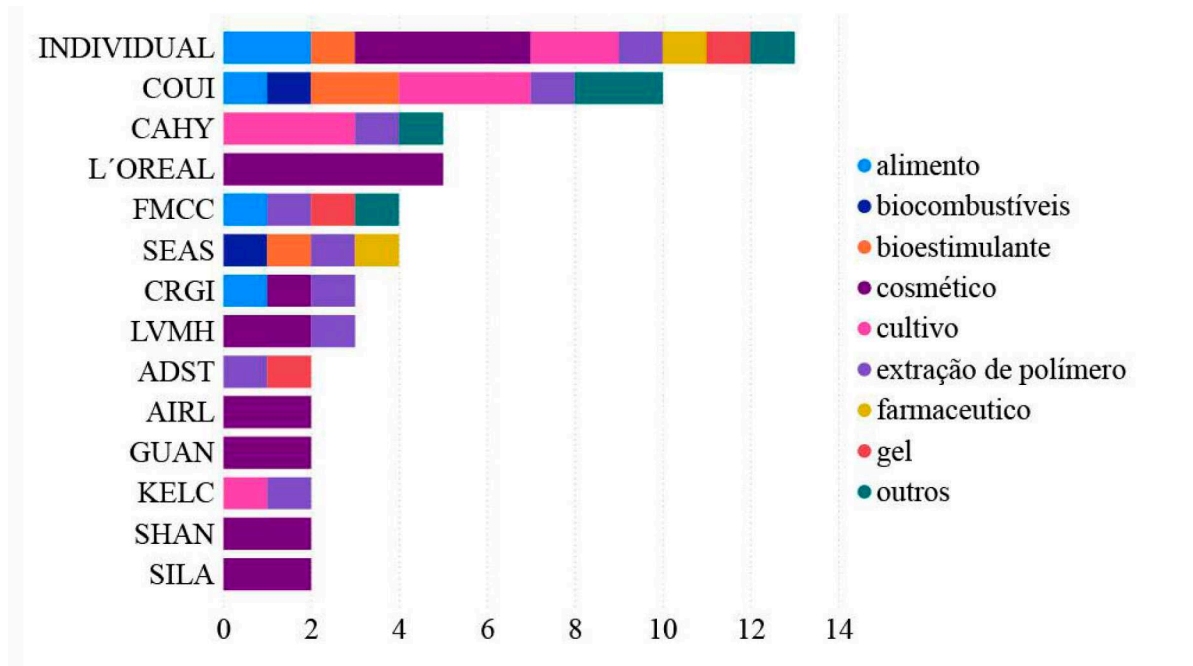
Martinez, Reis e Reis (2018) identificaram 269 patentes relacionadas ao tema de algas e macroalgas tendo como fonte o INPI. Entretanto, a *Kappaphycus alvarezii* não apareceu nesses resultados, nem nas bases Espacenet e Derwent. Verifica-se, assim, que a produção científica não tem uma razão de proporcionalidade com o número de patentes depositadas. O Brasil possui uma quantidade considerável de artigos publicados (72), no entanto, não converteu esses resultados em propriedade intelectual (MARTINEZ; REIS; REIS, 2018).

### 3.5 Depositantes de Tecnologia

Os maiores depositantes de tecnologia estão acomodados em oito categorias principais (Figura 7), sendo elas: cosméticos (29 patentes), seguido por técnicas de extração de carragena (13), cultivo (12), fármacos e as áreas de alimentos e nutrição, ambas com oito patentes, além de bioestimulantes (7) e biocombustíveis (2). A área de biocombustíveis, embora com uma representação tímida, conquista a atenção de pesquisadores, uma vez que estudos comparando as algas com outras fontes “verdes” de combustível mostram que as algas foram as mais utilizadas para produção de diesel verde (BORSCHIVER, 2017). Mota *et al.* (2014), em estudo sobre tendências tecnológicas das algas comestíveis, identificaram a produção científica brasileira alta, embora com o baixo quantitativo de patentes, reforçando o “gap” citado acima entre a produção científica e a proteção tecnológica no Brasil. Destaca-se também o setor de cosméticos, que, embora isoladamente tenha uma produção científica tímida diante dos outros temas, é líder no número de patentes, salientando a importância que a iniciativa privada desse setor atribui à *K. alvarezii*.

Entre as patentes depositadas, mais da metade (58%) corresponde à iniciativa privada, seguido de instituições governamentais (21%) e Universidades (8%), além de depositantes individuais com 13% do total. É interessante observar que Conselho de Pesquisa Científica e Industrial da Índia é a instituição com o maior número de depósitos (9%) e líder na produção científica sobre o tema. O Institute Oceanology Chinese Acad (CAHU) apresenta o mesmo número de patentes da empresa francesa L’Oreal, seguidos pela estadunidense FMC CORP, conforme apresentado na Figura 6.

Vale destacar a empresa francesa Biotechmarine SAS e a indiana SEA6 Energy Privated, ambas com unidades dedicadas especificamente para as pesquisas em algas marinhas. A primeira foca na pesquisa de ingredientes ativos para cosméticos derivados de biotecnologias marinhas, com intuito de não apenas realizar a exploração sustentável dos recursos naturais, como também praticar o isolamento e a replicação de células algais em laboratório (<https://www.seppic.com/en/technologies/marine-biotechnologies>). Já a empresa indiana (<https://www.sea6energy.com/products>) concentra esforços no cultivo de macroalgas para o setor agrícola (bioinsumo para fertilizantes) e para ração animal, biofilme, bioplástico e biocombustível.

**Figura 6** – Principais depositantes mundiais de patentes relacionadas à macroalga *Kappaphycus alvarezii*

Siglas: Council of Scientific & Industrial Research (COUI), Institute Oceanology Chinese Acad (CAHY), L'Oreal, FMC Corp. (FMCC), SEA6 Energy Private Ltd (SEAS), CARGILL Inc. (CRGI), LVMH RECH (LVMH), ADST CO LTD (ADST), BiotechMarine SAS (AIRL), Guangdong Bawei Biotechnology Co Ltd (GUAN), CP KELCO US Inc. (KELC), Shanghai New Cogi Cosmetic Co Ltd (SHAN) e Soc Ind Limousine Application Biologique (SILA).

Fonte: Elaborada pelas autoras deste artigo (1999-2019).

A análise na última década mostra um aumento do interesse de empresas da área de tecnologia e biotecnologia pela *K. alvarezii*, entre elas, a FMC CO, a ALPS ELETRIC CO, a EXCLE TECHNO CO LTD. As empresas de alimentos e de agricultura, como as multinacionais Cargill e a CP Kelco, além das empresas da área biomédica, também protegeram tecnologias relacionadas à alga. Essas contribuições, entretanto, não superaram o crescimento do número de depósitos de patentes no setor de cuidados pessoais. Esse perfil de interesse converge com a produção científica, que cresceu no mesmo período, especialmente em temas relacionados aos compostos bioativos e com potencial para nutrição humana e animal.

### 3.6 Tendências por Área de Conhecimento

Uma análise aprofundada das patentes de acordo com o disposto na Classificação Internacional de Patentes (CIP) apresentou 57 classes com distribuição assimétrica. A classificação de maior frequência é a A61 (ciências médicas ou veterinárias; higiene), na qual cerca de 51% de todas as patentes avaliadas estão indexadas. A classe A61K (Preparações para fins médicos, dentários ou de toalete) e A61Q (Uso específico de cosméticos ou preparações de toalete) ocorrem com maior intensidade, sendo 225 e 56 indexações, respectivamente.

A classificação A01 (Agricultura; floresta; criação animal; caça; armadilhas; pesca) é a segunda mais frequente com 21%, seguida da classe A23 (Alimentos; seus tratamentos; não abrangidos por outras classes) com 16% das indexações. A Classe C08 (Compostos macromoleculares orgânicos; sua preparação ou aplicação química; composições com bases nelas) corresponde a 15% das indexações e C12 (bioquímica; cerveja; vinho; microbiologia; enzimologia; mutação ou engenharia genética) com 11%. A análise dos documentos depositados mostra que 28% dos depósitos têm relação com a utilização direta da macroalga em aplicações cosméticas, 13%

estão relacionadas a técnicas de cultivo para maior rendimento da alga e seus subprodutos e 12% estão relacionados à extração de carragena. Esses dados apontam a grande importância econômica da *Kappaphycus alvarezii* como matéria-prima, devido à presença de componentes com propriedades bioativas de interesse para as indústrias de alimentos, bebidas, bioinsumos agrícolas e cosméticos.

## 4 Considerações Finais

Universidades, Centros de Pesquisas e empresas privadas, especialmente da Ásia, América Latina, Europa e Estados Unidos, apresentam crescente interesse na macroalga *Kappaphycus alvarezii*, como atesta o contínuo aumento de publicações científicas e de patentes.

As análises dos trabalhos prospectados confirmaram a riqueza dessa macroalga sob vários aspectos:

Sua composição química apresenta polissacarídeos sulfatados, compostos antioxidantes e sais minerais que promovem a hidratação, a nutrição, a saúde e a recuperação da pele (acelera a cicatrização e reduz a formação de linhas e marcas).

A composição nutricional mostra altos teores de fibras solúveis e insolúveis com benefícios para a microbiota intestinal, favorecendo o desenvolvimento de produtos alimentícios probióticos tanto para humanos como para ração animal. Associada à riqueza de compostos antioxidantes e minerais, ela atende à demanda por alimentos funcionais de baixo teor lipídico, elevado teor de fibras e proteína, pontos promissores para aumentar a oferta de alimentos e bebidas (hidroeletrolíticas) de origem algal no mercado.

No que tange às aplicações na área médica, novos fármacos, agentes antimicrobianos, hipoglicêmicos e neutrotróficos estão sendo estudados, assim como as glicoproteínas que apresentam eficácia na atividade antiviral.

No setor da agricultura, a riqueza da alga em potássio e em hormônios de crescimento de plantas (fitohormônios bioestimulantes) pode contribuir para o Programa Nacional de Bioinsumos do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), voltado para o crescimento do agronegócio saudável, natural e isento de agrotóxicos.

## 5 Perspectivas Futuras

Existe um grande potencial de mercado para a macroalga *K. alvarezii*, e a escassez de produtos à base de algas no Brasil se contrapõe a um mercado que anseia por produtos inovadores e sustentáveis. Assim, avanços nas pesquisas, na proteção intelectual e no desenvolvimento de produtos serão importantes para diversos setores de atividades.

O Brasil, um dos líderes mundiais no número de publicações científicas e detentor de grande potencial para desenvolvimento de cultivo, não apresentou depósitos de patente sobre a *Kappaphycus alvarezii* no período avaliado, não obstante, o Decreto n. 5.377, de 23 de fevereiro de 2005, referente à Política Nacional de Recursos do Mar, estimula o desenvolvimento socioeconômico sustentável dos recursos marinhos brasileiros, o resgate das populações tradicionais, a disseminação da mentalidade marítima e o fortalecimento de uma cadeia de valor para o mar.

Na prática, a algicultura continua invisível aos olhos da política pública brasileira, enquanto os projetos governamentais nesse setor parecem bem-sucedidos no Chile, na Índia e nas Filipinas.

Conforme revelado pela prospecção realizada, é da maior importância o fortalecimento da política do país para esse setor. O Brasil apresenta vários fatores favoráveis para que ele se torne um importante produtor de algas, especialmente da macroalga *K. alvarezii*, com o desenvolvimento de uma cadeia produtiva especializada. Entre esses fatores, incluem-se: inúmeras enseadas, clima, topografia, águas limpas, salinidade, temperatura na superfície e intensidade luminosa adequadas, além da possibilidade de colheita da alga a cada 65 dias, durante todo o ano, na Região Sul fluminense.

Do ponto de vista econômico, o aumento da produção local diminuirá a dependência da importação, portanto, a indústria e a comunidade acadêmica do país precisam se unir para a transformação de conhecimento científico em inovação tecnológica a fim de se criar um ecossistema de inovação e de produção relacionado à macroalga *K. alvarezii*. Para isso, estudos apontam que uma legislação eficiente e o estímulo à profissionalização da algicultura são gargalos importantes a serem prioritariamente superados (REIS; CASTELAR; SANTOS, 2017).

Por último, uma nota animadora: Algumas atividades promissoras já têm se desenvolvido no país, como o estabelecimento de pequenas empresas dedicadas ao cultivo e à industrialização da *Kappaphycus alvarezii* na região de Ilha Grande no litoral do Estado do Rio de Janeiro. Uma delas, a Algii ([www.algii.com.br](http://www.algii.com.br)), dedica-se ao setor de cosméticos; outras são a Bioalgas ([www.bioalgas.com.br](http://www.bioalgas.com.br)) e a Bioqualita ([www.bioqualita.agr.br](http://www.bioqualita.agr.br)), atuantes no setor de biofertilizantes. Comandadas por empreendedores advindos da academia, essas empresas constituem uma evidência de que a pesquisa tecnológica é de grande valia para impulsionar o desenvolvimento da algicultura e de seus diversos produtos no Brasil.

## Referências

ALENCAR, Maria Simone de Menezes. **Estudo de futuro através da aplicação de técnicas de Prospecção Tecnológica**: o caso da nanotecnologia. 2008. 193p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

ÁLVAREZ-MUÑOZ, D. *et al.* Occurrence of pharmaceuticals and endocrine disrupting compounds in macroalgae, bivalves, and fish from coastal areas in Europe. **Environmental Research**, [s.l.], v. 143, p. 56-64, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2015.09.018>. Acesso em: 19 abr. 2021.

ARIEDE, Maíra Bueno *et al.* Cosmetic attributes of algae – a review. **Algal Research**, [s.l.], v. 25, p. 483-487, January, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.algal.2017.05.019>. Acesso em: 16 abr. 2021.

ARIOLI, Tony; MATTNER, Scott W.; WINBERG, Pia C. Applications of seaweed extracts in Australian agriculture: past, present and future. **Journal of Applied Phycology**, [s.l.], v. 27, n. 5, p. 2.007-2.015, 2015.

BEZERRA, Thales Pacífico; PEREIRA, Cristiano da Silva; LOPES, José Patrocínio. Utilização da Macrófita Aquática *Egeria densa* Planchon, 1849. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, [s.l.], v. 2, n. 1, p. 114-127, 2007.

BORSCHIVER, Suzana *et al.* Prospecção Tecnológica de Combustível renovável para aviação: Estudo de Caso do Diesel Verde. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 10, p. 263-272, 2017.

BRASIL. **Decreto n. 5.377, de 23 de fevereiro de 2005**. Aprova a Política Nacional de Recursos para o Mar – PNM. Disponível em: <https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=DEC&numero=5377&ano=2005&ato=026c3YE5UMRpWT6d8>. Acesso em: 19 abr. 2021.

BRASIL. Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio do Brasil – Comex Stat – Exportação e Importação. [2019]. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>. Acesso em: 6 ago. 2020.

CHEMODANOV, Alexander *et al.* Net primary productivity, biofuel production and CO<sub>2</sub> emissions reduction potential of *Ulva* sp. (Chlorophyta) biomass in a coastal area of the Eastern Mediterranean. **Energy Conversion and Management**, [s.l.], v. 148, p. 1.497-1.507, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2017.06.066>. Acesso em: 16 mar. 2021.

DAWCZYNSKI, Christine; SCHUBERT, Rainer; JAHREIS, Gerhard. Amino acids, fatty acids, and dietary fibre in edible seaweed products. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 103, n. 3, p. 891-899, 2007.

DHARGALKAR, V. K.; PEREIRA, N. Seaweed: Promising Plant of the Millennium. **Science and Culture**, [s.l.], v. 8, n. 10, p. 60-66, 2005.

FAO – WORLD FISHERIES AND AQUACULTURE THE STATE OF SUSTAINABILITY IN ACTION. [S.l.]: FAO, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.4060/ca9229en>. Acesso em: 12 fev. 2021.

HAYASHI, L.; REIS, R. P. Cultivation of the red algae *Kappaphycus alvarezii* in Brazil and its pharmacological potential. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, [s.l.], v. 22, n. 4, p. 748-752, 2012.

HAYASHI, Leila *et al.* Cultivation of red seaweeds: a Latin American perspective. **Journal of Applied Phycology**, [s.l.], v. 26, n. 2, p. 719-727, 2014.

IBAMA – INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE. **Instrução Normativa n. 185, de 22 de julho de 2008**. Disponível em: [https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Instrucao\\_normativa/2008/in\\_ibama\\_185\\_2008\\_permitircultivokappaphycus\\_alvarezii\\_rs\\_sc\\_revoga\\_in\\_ibama\\_165\\_2007.pdf](https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Instrucao_normativa/2008/in_ibama_185_2008_permitircultivokappaphycus_alvarezii_rs_sc_revoga_in_ibama_165_2007.pdf). Acesso em: 22 jul. 2021.

KUMARI, Puja *et al.* Tropical marine macroalgae as potential sources of nutritionally important PUFAs. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 120, n. 3, p. 749-757, 2010.

MANTRI, V. A. *et al.* An appraisal on commercial farming of *Kappaphycus alvarezii* in India: success in diversification of livelihood and prospects. **Journal of Applied Phycology**, [s.l.], v. 29, n. 1, p. 335-357, 2017.

MARTINEZ, Maria Elisa Marciano; REIS, Marcello Carvalho dos; REIS, Patricia Carvalho dos. Avaliação da Capacidade Inovativa sobre a Ótica Patentária Brasileira do Emprego de Nanotecnologias na Indústria Têxtil. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 11, n. 4, p. 1.123, 2018.

MAYERHOFF, Zea Duque Vieira Luna. Uma Análise sobre os Estudos de Prospecção Tecnológica. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 1, n. 1, p. 3, 2008. Disponível em: [http://www.portalseer.ufba.br/index.php/nit/article/view/3538/2637%0Ahttp://ic.ufal.br/evento/cbie\\_laclo2015/eventos.html%0Ahttps://portalseer.ufba.br/index.php/nit/article/view/2303](http://www.portalseer.ufba.br/index.php/nit/article/view/3538/2637%0Ahttp://ic.ufal.br/evento/cbie_laclo2015/eventos.html%0Ahttps://portalseer.ufba.br/index.php/nit/article/view/2303). Acesso em: 12 fev. 2021.



MOTA, Natana Sá *et al.* Macroalgas Marinhas Comestíveis: tendências tecnológicas. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 7, n. 2, p. 118-129, 2014.

NETO, C. Câmara. Seaweed culture in Rio Grande do Norte, Brazil. **Hydrobiologia**, [s.l.], v. 151-152, n. 1, p. 363-367, 1987.

REIS, R. P. *et al.* Invasive potential of *Kappaphycus alvarezii* off the south coast of Rio de Janeiro state, Brazil: a contribution to environmentally secure cultivation in the tropics. **Acta Botanica Marina**, [s.l.], v. 52, n. 4, p. 283-289, 2009.

REIS, Renata Perpetuo; CASTELAR, Beatriz; SANTOS, Alex Alves Dos. Why is algaculture still incipient in Brazil? **Journal of Applied Phycology**, [s.l.], v. 29, n. 2, p. 673-682, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s10811-016-0890-8>. Acesso em: 12 mar. 2021.

SACCARO JR., Luiz Nilo. Desafios da bioprospecção no Brasil: texto para discussão. **ECONSTOR**, Brasília, DF, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), v. 1.569, 2011.

SHI, Yingying; GUO, Shen; SUN, Puyang. The role of infrastructure in China's regional economic growth. **Journal of Asian Economics**, [s.l.], v. 49, p. 26-41, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.asieco.2017.02.004>. Acesso em: 3 fev. 2021.

## Sobre as Autoras

### Lívia Galdino da Cruz Suzart

*E-mail:* [lgcsuzart@gmail.com](mailto:lgcsuzart@gmail.com)

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6920-2899>

DSc. em Engenharia pela Unoversidade Federal do Rio de Janeiro em 2021.

Endereço profissional: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Av. Horácio Macedo, n. 2.030, Centro de Tecnologia, bl. E, Lab. 105, Cidade Universitária, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ. CEP: 21941-909.

### Ana Lúcia do Amaral Vendramini

*E-mail:* [alvendra@eq.ufrj.br](mailto:alvendra@eq.ufrj.br)

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0236-2449>

DSc. em Bioquímica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro em 2003.

Endereço profissional: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Av. Horácio Macedo, 2030, Centro de Tecnologia, bl. E, Lab. 105, Cidade Universitária, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ. CEP: 21941-909.