



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

CENTRO DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE BIOQUÍMICA E BIOLOGIA MOLECULAR

BACHARELADO EM BIOTECNOLOGIA

ANA CAROLINA MARTINS DANTAS

***Gracilaria birdiae* COMO BIOMASSA PARA A PRODUÇÃO DE PIGMENTO E
ÁGAR SOB O CONCEITO DE BIORREFINARIA E SUA IMPORTÂNCIA NO
MERCADO BRASILEIRO**

FORTALEZA

2018

ANA CAROLINA MARTINS DANTAS

Gracilaria birdiae COMO BIOMASSA PARA A PRODUÇÃO DE PIGMENTO E
ÁGAR SOB O CONCEITO DE BIORREFINARIA E SUA IMPORTÂNCIA NO
MERCADO BRASILEIRO

Monografia apresentada ao curso de Bacharelado em Biotecnologia do Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Biotecnologia.

Orientadora: Profa. Dra. Márjory Lima
Holanda Araújo

Fortaleza

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

D21g Dantas, Ana Carolina Martins.
Gracilaria birdiae como biomassa para a produção de pigmento e ágar sob o conceito de biorrefinaria e sua importância no mercado brasileiro / Ana Carolina Martins Dantas. – 2018.
69 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Curso de Biotecnologia, Fortaleza, 2018.

Orientação: Profa. Dra. Márjory Lima Holanda Araújo.

1. Alga vermelha. 2. R-Ficoeritrina. 3. Ficocolóide. 4. Importação. 5. Exportação. I. Título.

CDD 661

ANA CAROLINA MARTINS DANTAS

Gracilaria birdiae COMO BIOMASSA PARA A PRODUÇÃO DE PIGMENTO E
ÁGAR SOB O CONCEITO DE BIORREFINARIA E SUA IMPORTÂNCIA NO
MERCADO BRASILEIRO

Monografia apresentada ao curso de
Bacharelado em Biotecnologia do
Departamento de Bioquímica e Biologia
Molecular da Universidade Federal do
Ceará, como requisito parcial à obtenção
do título de Bacharel em Biotecnologia.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Profª. Dra. Márjory Lima Holanda Araújo (Orientadora)

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profª. Dra. Ana Lúcia Ponte Freitas

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Ms. António Alves da Silva Neto

Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

A minha mãe Gerarda

AGRADECIMENTOS

Primeiro agradeço a Deus por me guiar nessa caminhada.

A minha mãe, Gerarda Martins, por sempre me incentivar a alcançar meus objetivos, por sempre está ao meu lado e por me ensinar como ser uma mulher mais forte e independente.

Ao meu irmão, Thiago Dantas, por me mostrar desde pequena o mundo da ciência e por me incentivar e me ajudar na minha caminhada.

A minha cachorrinha Milly está sempre comigo, principalmente na época de escrita dessa monografia.

A minha amiga e quase irmã, Ingrid Queiroz, por ser meu apoio desde os primeiros anos de graduação, por aguentar todos os meus dias bons e ruins, por me ajudar sempre que for preciso e por cuidar de mim sempre que eu precisei.

Agradeço a minha orientadora Dr. Márjory Holanda, pela confiança depositada em mim, por ter me aceitado na equipe e por me acalmar nos momentos que eu achava que os resultados não iriam dar certo. Obrigada por todo o conhecimento passado e por todos os momentos de alegria e diversão, que tudo isso perdue por mais alguns anos.

Ao meu coorientador, Neto Silva, por ter me recebido tão bem, por toda as instruções e ajuda que me proporcionou e pelos momentos de alegria que passamos.

Aos integrantes do Laboratório de Biotecnologia de Algas e Bioprocessos (BioAP), obrigada por me receberem tão bem e é sempre um prazer fazer parte dessa equipe. Principalmente a Gabrielle que me ajudou muito na pesquisa nos 2 últimos semestres.

À profa. Dr. Norma Benervides e a sua equipe que permitiu o uso de equipamentos e reagentes do seu laboratório, CARBOLEC, contribuído para a realização deste trabalho. Obrigada!

A profa, Dr. Ana Lúcia que aceitou ser integrante da banca e que tanto me ajudou e me ensinou durante a graduação.

A Coordenação do curso de Biotecnologia, por está sempre disponível a resolver os problemas e ajudar o aluno.

Ao Gilmar Ferreira, secretário do curso, que sempre me ajudou a resolver todo os problemas possíveis. Obrigada por sempre me escutar e sempre ter palavras positivas mesmo nos cenários mais improváveis.

Ao corpo docente da Biotecnologia UFC e as meus colegas de curso.

Aos meus amigos, Matheus, Chris, Bruno, Patrícia, Jackson, João Pedro, Luca e Bia, por todo o apoio nos anos de graduação

Ao Lucas e Éwerton, pela grande amizade que nos tornamos, juntamente com a Ingrid, e a todo o apoio tanto na vida pessoal quanto na graduação e no laboratório. Que isso perdure por muitos anos e que um dia formamos nossa empresa.

Aos amigos do grupo Celobrac, Ácrisio, Tici, Neto, Renata, juntos com Lucas, Éwerton e Ingrid, por todos os momentos felizes, todas as limpezas do laboratório, pela amizade inestimável de vocês, todo o apoio e ajuda que me proporcionaram, obrigada por tudo.

Ao Marcos Gomes e Átilla Maia, aos meus amigos por todo o apoio e pela compreensão.

A Leticia Braga e Camila Nunes por estarem comigo na melhor viagem da minha vida, por me aturarem morando juntas 1 ano. Obrigada filhas.

A Universidade Federal do Ceará por toda a infraestrutura proporcionada para o desenvolvimento da minha graduação.

Resumo

As macroalgas são usadas como fonte de alimento e de compostos de interesse industrial há muitos anos. As indústrias de cosmético, fármacos, alimentos, produtos químicos e energia são as que mais utilizam os derivados das macroalgas. Um desses compostos é o pigmento fotossintético vermelho denominado R-Ficoeritrina (R-FE), uma ficobiliproteína com poder corante e fluorescente ainda utilizado em pequena escala e o outro é o ágar, um polissacarídeo com propriedades gelificante, espessante e estabilizante amplamente aplicado em diferentes produtos industrializados. Diante disso, o objetivo do trabalho foi caracterizar a importância econômica das macroalgas e ágar para o mercado brasileiro e propor uma biorrefinaria para obtenção de R-ficoeritrina e ágar a partir da macroalga *Gracilaria birdiae* cultivada no litoral cearense. Inicialmente, foi realizado um levantamento de dados sobre a importação e exportação de ágar por ano, por país, por estado e por via de transporte no banco de dados do comércio exterior brasileiro através do site AliceWeb dos últimos 20 anos. E em seguida, foi realizada extração aquosa do pigmento de *G. birdiae* com tampão fosfato de potássio 0,025 M, pH 6,5 gerando um resíduo o qual foi utilizado para extração do ágar. Como resultado, foi observado que a importação brasileira de ágar é crescente e supera a exportação desde 1997, sendo o valor gasto em 2017 de US\$ 1.921.496,00. Os países fornecedores estão no continente asiático, São Paulo é o maior importador de macroalga e ágar e a Paraíba a maior exportadora. Quanto à extração de R-FE, o rendimento médio foi de 0,154mg/g de alga fresca, com índice de pureza médio de 0,304. Já o rendimento de extração de ágar do resíduo da extração de pigmento foi de 26%. Conclui-se que o Brasil apresenta uma demanda crescente de ágar, um produto derivado de macroalgas e possui a espécie de macroalga agarófito *G. birdiae* distribuídas em seu litoral, potencialmente cultivável em sistema de maricultura como fonte renovável de ágar e R-FE, os quais podem ser obtidos por biorrefinaria.

Palavras Chaves: Macroalga, Rhodophyta, R-Ficoeritrina, Ficocolóide, Importação, Exportação

ABSTRACT

Macroalgae have been consumed as a source of food and compounds of industrial interest for many years. The cosmetics, pharmaceuticals, food, chemicals and energy industries are more commonly used by the derivatives of macroalgae. One of the types of photosynthetic pigment is called R-Phycoerythrin (R-FE), a formula with dye and fluorescent power is still used on a large scale and the other is a polysaccharide with gelling, quantitative and stabilizing properties, paired with different products. industrialized countries. Therefore, the work was characterized as a source of macroalgae and is for the Brazilian market and propose a biorefinery for the capture of R-Phycoerythrin and agar from the macroalga *Gracilaria birdiae* cultivated in the coast of Ceará. Initially, a survey of data import and export data was carried out by country, by country and through a database from outside Brazil through the AliceWeb site of the last 20 years. Then, aqueous extraction of the *G. birdiae* pigment was performed with 0.025 M phosphate phosphate, pH 6.5 to give a residue which was used for agar extraction. As a result, it was observed that the Brazilian import of a growth and surplus since 1997, being the amount spent in 2017 of US \$ 1,921,496.00. The exporters are without a subsidiary, São Paulo is the largest importer of macroalgae and agar from Paraíba, the largest exporter. Regarding the extraction of R-FE, the average result was 0.154 mg / g fresh algae, with an average purity index of 0.304. The extract extraction gas extract yield was 26%. It is concluded that Brazil presents an increasing demand for a product derived from macroalgae and has a type of *G. birdiae* agarophyte macroalga distributed on its coast, potentially cultivable in a maricultural system as a renewable source of agar and R-FE, which can be classified by biorefinery.

Keywords: Seaweed, Rhodophyta, R-Phycoerythrin, Ficocolloid, Import, Export.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplar de <i>Gracilaria birdiae</i> (PLASTINO; OLIVEIRA, 2002) coletada na praia de Flecheiras (Trairi - CE).....	19
Figura 2 – Estrutura química do ágar.....	22
Figura 3 – Fluxograma de extração de R-Ficoeritrinha de <i>Gracilária Birdiae</i>	26
Figura 4 – Fluxograma de extração de ágar.....	29
Figura 5 – Resíduo algáceo e extratos líquidos da extração de R-ficoeritrina da macroalga vermelha <i>G. birdiae</i>	57
Figura 6 – Resíduos líquidos obtidos durante as etapas de lavagem após o tratamento alcalino do Rp de <i>G. birdiae</i>	59
Figura 7 – Aspecto visual do Rp após tratamento alcalino.....	60
Figura 8 – Esquema de biorrefinaria com biomassa de <i>Gracilaria birdiae</i>	63

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Histograma da importação de algas realizada pelo Brasil no período de 1997 a 2018.....	32
Gráfico 2 - Histograma do preço por quilograma da importação de algas realizada pelo Brasil no período de 1997 a 2018.....	33
Gráfico 3 - Histograma de exportação de algas pelo Brasil no período de 1997 a 2018...	34
Gráfico 4 - Histograma do preço por quilograma da importação de algas (NCM 12122000 e NCM 12122900) realizada pelo Brasil no período de 1997 a 2018.....	35
Gráfico 5 - Histograma do preço por quilograma da exportação de algas próprias para alimentação humana (NCM 12122100) realizada pelo Brasil no período de 1997 a 2018.....	35
Gráfico 6 - Histograma da importação de ágar realizada pelo Brasil no período de 1997 a 2018.....	48
Gráfico 7 - Histograma do preço por quilograma da ágar realizada pelo Brasil no período de 1997 a 2018.....	49
Gráfico 8 - Histograma da exportação de ágar pelo Brasil no período de 1997 a 2018.....	50
Gráfico 9 - Histograma do preço por quilograma da exportação de ágar realizada pelo Brasil no período de 1997 a 2018.....	50
Gráfico 10 - Cinética de extração de ágar a partir de 5g, 10g, 15g, 20g, e 25g do resíduo da extração R-Ficoeritrina da macroalga vermelha <i>G.birdiae</i>	61
Gráfico 11 - Linha de tendência do tempo de extração de ágar a partir do resíduo da extração de R-Ficoeritrina.....	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -Produtos que tem alga ou compostos de alga em sua composição.....	17
Tabela 2 - Propriedades e aplicações industriais do ágar.....	21
Tabela 3 – Número da Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM) para algas marinhas e ágar e suas descrições.....	25
Tabela 4 – Classificação dos países fornecedores de algas frescas, refrigeradas, congeladas, secas ou em pó para o Brasil no período de 1997 a 2018.....	37
Tabela 5 – Classificação dos países compradores de algas frescas, refrigeradas, congeladas, secas ou em pó para o Brasil no período de 1997 a 2018.....	38
Tabela 6 – Classificação dos estados brasileiros compradores de algas frescas, refrigeradas, congeladas, secas ou em pó no período de 1997 a 2018.....	39
Tabela 7 – Classificação dos estados brasileiros vendedores de algas frescas, refrigeradas, congeladas, secas ou em pó no período de 1997 a 2018.....	40
Tabela 8 – Vias de acesso no Brasil das algas frescas, refrigeradas, congeladas, secas ou em pó importadas de 1997 a 2018.....	40
Tabela 9 – Vias de escoamento do Brasil das algas frescas, refrigeradas, congeladas, secas ou em pó de 1997 a 2018.....	41
Tabela 10 – Classificação dos países fornecedores de algas próprias para a alimentação humana para o Brasil no período de 1997 a 2018.....	41-42
Tabela 11 – Classificação dos países compradores de próprias para a alimentação humana para o Brasil no período de 1997 a 2018.....	42
Tabela 12 – Classificação dos estados brasileiros compradores de própria para a alimentação humana no período de 1997 a 2018.....	43
Tabela 13 – Classificação dos estados brasileiros vendedores de algas próprias para a alimentação humana no período de 1997 a 2018.....	43
Tabela 14 – Vias de acesso no Brasil das algas próprias para a alimentação humana de 1997 a 2018.....	44
Tabela 15 – Vias de escoamento do Brasil das algas próprias para a alimentação humano de 1997 a 2018.....	44
Tabela 16 – Classificação dos países fornecedores de outras algas frescas, refrigeradas, congeladas ou secas para o Brasil no período de 1997 a 2018.....	45

Tabela 17 – Classificação dos países compradores de outras algas frescas, refrigeradas, congeladas ou secas para o Brasil no período de 1997 a 2018.....	45-46
Tabela 18 – Classificação dos estados brasileiros compradores outras algas frescas, refrigeradas, congeladas ou secas no período de 1997 a 2018.....	46
Tabela 19 – Classificação dos estados brasileiros vendedores de outras algas frescas, refrigeradas, congeladas ou secas no período de 1997 a 2018.....	47
Tabela 20 – Vias de acesso no Brasil das outras algas frescas, refrigeradas, congeladas ou secas importadas de 1997 a 2018.....	47
Tabela 21 – Vias de escoamento do Brasil das outras algas frescas, refrigeradas, congeladas ou secas de 1997 a 2018.....	47
Tabela 22 – Classificação dos países fornecedores de ágar para o Brasil no período de 1997 a 2018.....	51-52
Tabela 23 – Classificação dos países compradores de ágar para o Brasil no período de 1997 a 2018.....	52-53
Tabela 24 – Classificação dos estados brasileiros compradores de ágar no período de 1997 a 2018.....	53
Tabela 25 – Classificação dos estados brasileiros vendedores de ágar no período de 1997 a 2018.....	54
Tabela 26 – Vias de acesso no Brasil do ágar importado de 1997 a 2018.....	54
Tabela 27 – Vias de escoamento do Brasil do ágar de 1997 a 2018.....	54-55
Tabela 28 – Parâmetros de extração de R-FE obtidos no EBGb de <i>Gracilaria birdiae</i>	56
Tabela 29 – Rendimento de ágar.....	58
Tabela 30 – Parâmetros de perda de água do ágar.....	58-59

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

A ₂₈₀	Absorbância a 280 nm
A ₅₆₄	Absorbância a 564 nm
A ₆₁₈	Absorbância a 618 nm
A ₇₃₀	Absorbância a 730 nm
EBGb	Extrato Bruto de <i>Gracilaria birdiae</i> .
EBp	Extrato bruto do pigmento
FBO	Free On Board
FE	Ficoeritrina
g	Gramas
IP	Índice de Pureza
m/v	Proporção massa/volume
min	minuto
NCM	Nomenclatura Comum do Mercosul
°C	Graus celsius
R-FE	R-ficoeritrina
Rp	Resíduo algáceo da extração de pigmento
R _{R-FE}	Rendimento de R-ficoeritrina
T	Temperatura
λ	Comprimento de onda

SUMÁRIO

1. Introdução	15-22
1.1 Macroalga	15-18
1.2 <i>Gracilaria birdiae</i>	18-19
1.3 R-Ficoeritrina	20
1.4 Ágar	20-22
2. Objetivos	23
2.1 Gerais	23
2.2 Específicos	23
3. Materiais e Métodos	24-28
3.1 Materiais	24
3.1.1 Macroalga Marinha Vermelha <i>Gracilaria birdiae</i>	24
3.1.2 Reagentes Químicos	24
3.2 Métodos	24-28
3.2.1 Comercialização brasileira de algas e ágar	24-25
3.2.2 Extração de R-Ficoeritrina de <i>Gracilária birdiae</i>	26-28
3.2.3 Extraçãp de ágar a partir de resíduo d e R-Ficoeritrina	28-29
3.2.4 Otimização da extração de ágar a partir do resíduo da extração de R-Ficoeritrina	30
4. Resultados e Dircursão	31-63
4.1 Comercialização brasileira de alga e ágar	31-55
4.2 Extração de R-Ficoeritrina de <i>Gracilária birdiae</i>	56-57
4.3 Extração de ágar a partir de resíduo d e R-Ficoeritrina	58-60
4.4 Otimização da extração de ágar a partir do resíduo da extração de R-Ficoeritrina	60-63
5. Conclusão	64
6. Bibliografia	65-70

1. INTRODUÇÃO

1.1. Macroalgas

O termo “algas” é utilizado para referir-se a organismos diferentes que não compartilham composição química e origem, possuindo representantes nos Domínios Eubacteria e Eukarya distribuídos nos reinos Bacteria, Plantae, Chromista e Protozoa. Portanto o termo não tem valor taxonômico (GUIRY, 2012).

Dispostas em 15 filos e 54 classes as algas marinhas são classificadas de acordo com os critérios químico, citológicos e morfológicos, como: combinação de pigmentos fotossintetizantes; propriedade química dos compostos de reserva; a complexidade do ciclo de vida; entre outras características (DE CARVALHO; ROQUE, 2000; GUIRY, 2012)

Com cerca de 72500 espécies, validamente descritas, as algas diferenciam entre organismos unicelulares e pluricelulares, apresentando tamanhos que podem variar de 0,2 μm , por exemplo as microalgas, até 80 m de comprimento apresentado pela macroalga *kelps*. A maioria das algas são seres fotossintetizantes e que habitam ambientes aquáticos ou úmidos como oceanos, corpos de água doce, solos, formações rochosas e superfícies de plantas. No entanto a ocorrência de cada espécie depende da temperatura do ambiente, salinidade e concentração de nutrientes da água, intensidade da luz solar e correntes oceânicas se a mesma estiver em ambiente marítimo (BARSANTI; GUALTIERI, 2006; RAVEN; GIORDANO, 2014; EL GAMAL, 2010)

Além disso, essa diversidade de características e as constantes transformações torna complexo a classificação desses organismos. Nessa perspectiva as macroalgas foram classificadas em dois reinos com 3 filos sendo esses (BOLD; WYNNE, 1985; REVIERS, 2006; DAHMS; DOBRETSOV, 2017; BONANNO; ORLANDO-BONACA, 2017)

- *Chlorophyta*: algas de coloração verde devido à presença majoritária de clorofilas a e b. Alguns gêneros representantes são *Ulva*, *Codium*, *Enteromorpha*, *Chaetomorpha* e *Cladophora* .

- *Ochrophytas*: são algas de tonalidade parda (ou marrom) que possuem os pigmentos xantofila e fucoxantina e tem como exemplos os gêneros *Laminaria*, *Saccharina* e *Sargassum*.

- *Rhodophyta*: as algas possuem uma pigmentação vermelha devido a existência em grande quantidade das ficobiliproteínas, ficocianina e ficoeritrina, que são pigmentos azul e vermelhos, respectivamente. Dentre os gêneros incluem *Pyropia*, *Porphyra*, *Chondrus*, *Palmaria* e *Gracilaria*.

As Chlorophytas e as Rhodophytas pertencem ao Reino Plantae enquanto as Ochrophytas estão alocadas no Reino Chromista. (BONANNO; ORLANDO-BONACA, 2017)

Visto que as algas são a fonte de nutrientes e energia de muitos seres marinhos elas ocupam a classe de produtores primários. Ainda por cima são responsáveis pela retirada de aproximadamente metade da produção global de dióxido de carbono (CO₂) levando a produção da maior parte de oxigênio (O₂) que se acessível na atmosfera. (BOLD; WYNNE, 1985; GRAHAM; GRAHAM; WILCOX, 2009)

1.1.1 Importância econômica

Há séculos as macroalgas vem sendo usadas pelos povos da Ásia Oriental fazendo tanto parte da sua alimentação quanto da produção de medicamentos naturais com base nas suas crenças religiosas (MABEAU & FLEURENCE, 1993; RUPÉREZ, 2002).

Atualmente, no mundo, o principal destino de algumas macroalgas é o consumo humano ou animal como alimento, devido a globalização das tradições culinárias dos povos asiáticos principalmente os japoneses, chineses e coreanos. Outro fator que justifica essa introdução como fonte de alimento se deve ao fato da sua composição apresentar fibras, minerais, antioxidantes, vitaminas, pigmentos e proteínas (TORRES *et al.*, 2014).

Ainda devido a capacidade de gerar compostos bioativos as algas vêm sendo aplicadas nas mais diversas áreas industriais além da alimentícia, como as indústrias de cosméticos, fármacos, fertilizantes, produtos químicos, têxtil e energia com isso gerando vários produtos de interesse para a sociedade (KADAM *et al.*, 2015; EL GAMAL, 2012; EVANS & CRITCHLEY, 2014; ABDEL-RAOUF, 2012). A Tabela 1 mostra alguns produtos que estão no mercado e têm alga ou compostos de alga na sua composição.

Tabela 1: Produtos comercializados no Brasil que contêm alga ou compostos de alga em sua composição.

<i>Produto</i>	<i>Composto/Alga</i>	<i>Marca</i>
Cosméticos/Higiene		
Sabonete em barra	Extrato bruto/ <i>Fucus vesiculosus</i>	Yes cosméticos
Sabonete líquido	Extrato bruto/ <i>Fucus vesiculosus</i>	Fiorucci
Hidratante corporal	Extrato de algas	Yes cosméticos
Óleo pós banho	Algas Pardas	Adcos
Sabonete esfoliante	Branças calcárias	Adcos
Espuma cremosa	Algas Pardas	Adcos
Sabonete em barra	Algas verdes e pardas	Adcos
Xampu	Extrato bruto/ <i>Gracilaria</i>	Crescenew
Creme pra pentear	Extrato bruto/ <i>Gracilaria</i>	Crescenew
Mascara capilar	Extrato bruto/ <i>Hypnea</i>	Crescenew
Xampu sólido	Carragenana/Nori	Lush
Condicionador sólido	<i>Fucus Vesiculosus</i>	Lush
Gelatina de banho	Carragenana/ <i>Chondrus crispus</i>	Lush
Máscara facial	Extrato bruto/ <i>Fucus Vesiculosus</i>	Lush
Tônico Facial	Extrato bruto/ <i>Fucus Vesiculosus</i>	Lush
Spray modelador de cabelo	Carragenana/ <i>Chondrus crispus</i>	Lush
Demaquilante	Extrato de algas	Vult
Alimentos		
Balas de algas marinhas	Ágar	Sweet jelly
<i>Snacks</i> (salgadinhos)	Alga desidratada	Sea's Gift
Bebida láctea	Carragenana	Nestle
Sorvete	Carragenana	Nestle
Suplemento alimentar		
Ágar-ágar	Ágar/ <i>Gracilaria confervoides</i> L.	Tiajaru
Cálcio	<i>Lithothamnion sp.</i>	Litholife
Alimentos para animais		
Patê de carne	Carragenana	Padigree
Ciência		
Ágar Microbiológico	Ágar	Prolab

Fonte: A autora

Compostos extraídos de macroalgas são usados como insumo para a fabricação de vários produtos como biopolímeros, cosméticos, suplementos alimentares e agrícolas e produção de energia. No entanto, o processo de extração desses compostos tem sido tratado sob um conceito de biorrefinaria, visando agregar valor a todos as biomoléculas e produtos gerados a partir da biomassa algácea. A abordagem baseia-se em uma cascata onde em cada etapa é recuperado um ou mais produtos derivados da alga como pigmento, moléculas bioativas, carboidratos, proteínas, fertilizantes e açúcares. Com essa abordagem pode-se diminuir os gastos com o tratamento e descarte de resíduos além de diminuir o impacto ambiental causado pelos mesmos (BALINA; ROMAGNOLI; BLUMBERGA, 2017; HAL; HUIJGEN; LO, 2014) .

Segundo a FAO (Food and Agriculture Organization) no ano de 2016 foi gerado um mercado de US\$ 11,7 bilhões. 30,1 milhões de toneladas de algas foram produzidas pela aquicultura mundial, sendo a maior parte produzida pelos países asiáticos principalmente Indonésia, Filipinas, Japão e China. A maior parte desse volume foi destinada a alimentação humana direta, a outra foi para produção de compostos como ficocoloides, proteína e alimentação animal.(FAO, 2018)

1.2 Macroalga vermelha *Gracilaria Birdiae*

O gênero *Gracilaria* (Gracilariaceae, Rhodophyta) Greville (1830) é o único significativo nesta família em relação ao número de espécies. Seus representantes são geralmente vermelhos, verdes ou marrons esverdeados e distribuídos em mares tropicais e subtropicais (ALMEIDA *et al.*, 2011; BOLD; WYNNE, 1985). As espécies pertencentes a este gênero compreendem algumas das macroalgas mais valiosas para a economia no mundo inteiro (MANTRI *et al.*, 2009). As algas do gênero *Gracilaria* despertam interesse econômico devido a compostos bioativos presentes, como o ágar, uma variedade de lipídios, lactonas e terpenos (ALMEIDA *et al.*, 2011).

O litoral nordestino possui um grande número de espécies do gênero *Gracilaria*. Entretanto a urbanização das localidades costeiras e retirada excessiva de macroalgas do ambiente nativo causou uma depleção dos bancos naturais. Hoje, algumas comunidades costeiras cultivam espécies nativas de algas no mar para mitigar a exploração. Os cultivos têm como objetivo a produção de ágar com foco na alimentação, produção de sopas, pudim e gelatinas a base de alga. Esses cultivos, além de serem uma fonte de renda alternativa para essas famílias, também ajudam na recuperação e conservação dos bancos naturais (BEZERRA; MARINHO-SORIANO, 2010; OLIVEIRA, 2014)

A espécie *Gracilaria birdiae* (Plastino & Oliveira), mostrada na Figura 1, foi descrita por Oliveira e PLASTINO (1984) e ocorre nas águas tropicais brasileiras, da costa do Ceará até o Espírito Santo.

Figura 1 – Exemplar de *Gracilaria birdiae* (PLASTINO; OLIVEIRA, 2002) coletada na praia de Flecheiras (Trairi - CE).



Reino: Plantae

Divisão: Rhodophyta

Classe: Florideophyceae

Ordem: Gracilariales

Família: Gracilariaceae

Gênero: *Gracilaria* Greville

Espécie: *Gracilaria birdiae*

Foto: Ana Christina Verissimo Oliveira, 2017

Além de ser uma importante agarófita a *G. birdiae* é também fonte de polissacarídeos sulfatados (PS), compostos que têm atraído também o interesse da indústria farmacêutica por suas diversas atividades biológicas. Estudos com polissacarídeo dessa espécie têm sido realizados pelos grupos de pesquisa do Laboratório de Biotecnologia de Algas e Bioprocessos (BioAP) e do Laboratório de Carboidratos e Lectinas de Algas Marinhas (CarboLec) da Universidade Federal do Ceará. O cultivo comercial de *G. birdiae* utilizando “long-line” em regime de maricultura vem sendo realizado através da Associação dos Produtores de Algas de Flecheiras e Guajirú (APAFG) na praia de Flecheiras, município de Trairi, Ceará. As taxas de crescimento se mostraram satisfatórias e estudos com esporulação também têm sido realizados a fim de verificar a viabilidade da técnica, Lima (2016) conseguiu estabelecer uma condição de cultivo em vitro para a obtenção e germinação de carpospóros tendo como resultado positiva a geração de biomassa algal. A técnica de esporulação realizada tem como principal vantagem a diminuição do uso de algas retiradas do banco devido ao fato de que um cistocarpo libere em média 1500 esporos ao qual cada espora tem a viabilidade de gerar uma nova muda (Lima 2016). Em Itapipoca, Ceará, um projeto de cultivo de algas no assentamento de Maceió também vem sendo executado no intuito de desenvolver a economia local (GOMES; ESMERALDO, 2014). Estes dados mostram o potencial do Nordeste, em especial do Ceará, em abrigar possíveis cultivos comerciais de macroalgas marinhas, nativas da região. Marinho-Soriano e colaboradores (2009) analisaram a capacidade *G. birdiae* em remover nutrientes de efluentes da aquicultura, onde os resultados demonstraram alta e notável capacidade de remoção podendo ser usada como filtro biológico na criação de camarões.

1.2. R-Ficoeritrina

As macroalgas possuem ficobiliproteínas, solúveis em água, como moléculas antena que fazem parte do aparato fotossintetizante. Essas proteínas tem a capacidade de absorver luz nos comprimentos de onda do espectro da luz visível que a clorofila não consegue. As ficobiliproteínas podem ser classificadas tanto em relação ao espectro de absorção quanto em relação a coloração (GLAZER,1989; NELSON; COX. 2014; CHALOUB *et al.*, 2015)

As R-ficoeritrinas constituem o grupo mais variável e dinâmico das ficobiliproteínas, devido aos seus picos de absorção e sua emissão de fluorescência em torno de 575nm (SUM *et al.*, 2003). A extração dessas proteínas se dá pelo rompimento da parede celular liberando o pigmento para o meio aquoso (GLAZER *et al.*, 1976; FICNER HUBER, 1993; JIANG; ZHANG; LIANG, 1999).

Uma das aplicações é como corante natural em alimentos processados. Nos tempos atuais a busca por uma alimentação mais saudável em contrapartida à alergenicidade de corantes artificiais, sobretudo os amarelos e vermelhos, têm despertado a busca por fontes de corantes alimentícios naturais. (HAMERSKI; REZENDE; SILVA, 2013; DOWNHAM; COLLINS, 2000). Já foram relatadas na literatura outras propriedades dessas proteínas pigmentadas como antioxidante, imunomodulatórias, anticâncer, sonda fluorecente de células cancerígenas que são de grande interesse principalmente para a indústria farmacêutica. (PAN *et al.*, 2013; CHEN *et al.*, 2014; GAO *et al.*, 2015; PALIWAL *et al.*, 2015; THANGAM *et al.*, 2015). Além disso, BOROWITZAKA (2013), estimou que em 2013 o faturamento do mercado de produtos gerados com ficobiliproteínas a partir de microalgas foi de 60 milhões de dólares.

1.3. Ágar

O ágar é um dos ficocolóides mais antigos que se tem registro. Segundo uma lenda do Japão, em 1658 Minoya Tarozaemon, dona de uma hospedaria, teria oferecido ao imperador um já tradicional prato de uma geleia feita a base da alga *Gelidium sp*, desde então é largamente usado na indústria alimentícia. Posteriormente Robert Koch através

de seus assistentes Walter e Angelina Hesse usaram o ágar como agente solidificante para os meios de cultura em microbiologia. (Jarro, 2010).

O ágar tem propriedades interessantes para algumas indústrias, uma vez que se mantém sólido a temperaturas ambientes, não apresenta toxicidade, é uma substância inerte e solidifica mais rápido que gelatinas de origem animal. Diante disso, o ágar é muito aplicado nas indústrias alimentícias, têxtil, de papel, farmacêutica e de biotecnologia como mostra a Tabela 2 (ALBA; KONTOGIORGOS; KINGDOM, 2018; WANG et al., 2017).

Tabela 2: Propriedades físico-químicas e aplicações industriais do ágar.

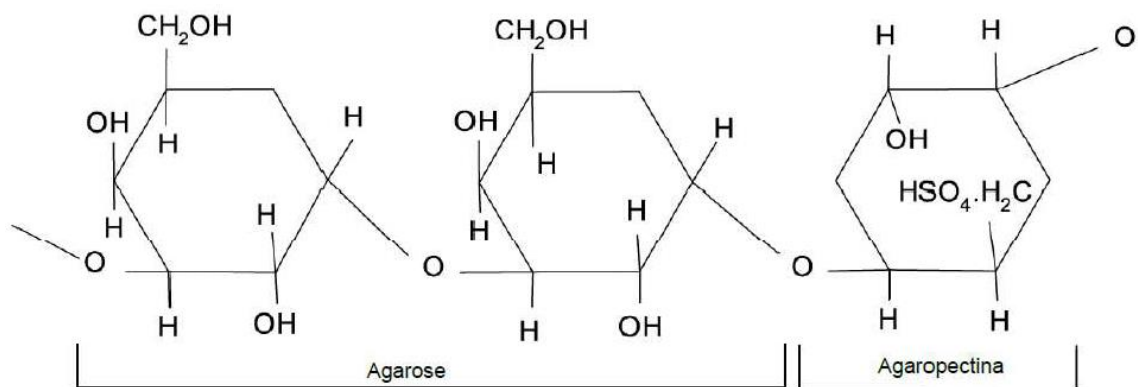
Propriedades Físico-químicas	Aplicações Industriais		
	Alimentícia	Farmacêutico e Biotecnológico	Industriais
<ul style="list-style-type: none"> • Agente gelificante • Resistente a altas temperaturas • Termo reversível 	Gelatina, geleias, pudim, produtos de panificação, estabilizantes para alimentos enlatados, sobremesas, sorvetes e molhos	Moldes odontológicos, regulador intestinal, excipientes em pílulas, formação de esferas e microesferas, meios de cultura, eletroforese em gel, laxante em massa	Indústria têxtil e fabricação de papel, clarificação na produção de vinho, fabricação de películas separadoras ultrafina.

Fonte: Adaptado de Abdul Khalil et al (2018)

Em relação ao aspecto bioquímico, o ágar (Figura 2) é um polissacarídeo pouco sulfatado composto de porção linear e uma ramificada denominadas agarose e agarpectina, respectivamente. É extraído de algas do gênero *Gracilaria* e *Gelidium* (MARINHO-SORIANO, 2003), sendo que o ágar extraído das espécies de *Gelidium* é de melhor qualidade porque produz um gel mais forte, entretanto, o alto custo de extração e a devastação dos bancos naturais devido a exploração da alga forçaram a busca por outros gêneros de alga agarófitas. As espécies do gênero *Gracilaria* foram a alternativa encontrada, apesar de produzir um gel de menor qualidade (gel mais fraco) devido a elevada quantidade de grupos sulfatados na molécula. Para contornar o problema e diminuir o teor de sulfato molecular, a extração de ágar a partir de espécies de *Gracilaria* é feito em meio alcalino, favorecendo a conversão das unidades de galactopiranosose sulfatada em 3,6-anidro-galactopiranosose, que é responsável pela capacidade de

gelificação do polissacarídeo e pelas propriedades físicoquímicas do ágar (KHALIL et al., 2018; NISHINARI; FANG, 2017).

Figura 2: Estrutura química do ágar



Fonte: Alves, 2016

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Avaliar a comercialização brasileira de alga e ágar ao longo dos últimos 20 anos e estabelecer um processo integrado de extração do pigmento R-Ficoeritrina e do ágar a partir da macroalga marinha vermelha *Gracilaria birdiae*.

2.2. Específicos

- Levantar os dados de importação e exportação brasileira de alga e ágar nos últimos 20 anos em sistema de informação oficial do governo federal;
- Extrair o pigmento vermelho R-ficoeritrina a partir da biomassa fresca da macroalga *G. birdiae* em meio aquoso;
- Extrair o ágar a partir do resíduo obtido da extração do pigmento de *G.birdiae*;
- Otimizar o rendimento de extração do ágar a partir do resíduo algáceo da extração do pigmento;
- Calcular os rendimentos e produtividades das extrações do pigmento R-ficoeritrina e do ágar de *G.birdiae*.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Materiais

4.1.1 Macroalga Marinha Vermelha *Gracilaria birdiae*.

A macroalga marinha vermelha *Gracilaria birdiae* foi colhida de cultivo a 200 m da costa, situada na praia de Flecheiras (03°13'06" S 39° 16'47" W), município de Trairi, a 130Km de Fortaleza, no litoral Oeste do estado do Ceará, Brasil, onde são mantidas pela Associação de Produtores de Algas de Flecheiras e Guajiru (APAFG) em parceria com o Laboratório de Biotecnologia de Algas e Bioprocessos (BioAP) e o Laboratório de Lectinas e Carboidratos (CARBOLEC), ambos localizados na Universidade Federal do Ceará (UFC) – Campus do Pici, no Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular (DBBM).

A macroalga fresca foi transportada em sacos plásticos para o laboratório, onde foi lavada exaustivamente com água corrente para a retirada de epífitas, incrustantes, sal e grãos de areia, e, posteriormente, com água destilada. Em seguida, foi armazenada a -2° C em amostras com 100g até sua utilização.

4.1.2 Reagentes Químicos

Fosfato de potássio (KH_2PO_4), Sulfato de amônio ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$), Hidróxido de sódio (NaOH), Ácido Sulfúrico (H_2SO_4), Ácido Fosfórico (H_3PO_4).

4.2. Métodos

4.2.1. Comercialização brasileira de algas e ágar

Os dados de comercialização brasileira de algas marinhas e ágar, foi feito por meio de consulta ao *site* do sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior (AliceWeb), atualmente está sendo alterado para Comex Stat e disponível no endereço <http://comexstat.mdic.gov.br>. O *site* obtém os dados do Sistema Integrado de Comércio Exterior (SISCOMEX), onde os próprios exportadores-importadores fornecem as informações relativas às operações. O período consultado compreendeu os últimos 20

anos (1997 a 2018) e os dados obtidos foram: valores e volume anuais de ágar importado e exportado no Brasil, países e estados brasileiros fornecedores e importadores e vias de acesso da mercadoria ao Brasil. A pesquisa foi filtrada pelo número da Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM) que é uma convenção de categoria de mercadorias adotadas desde 1995 e que toma por base o Sistema Harmonizado (SH). Os códigos da NCM são compostos por 8 dígitos, os 6 primeiros formados pelo SH e os dois últimos criados de acordo com a definição estabelecida entre os países do MERCOSUL. Foi pesquisado quatro NCM, três para algas marinhas e um para o ágar conforme a Tabela 3 abaixo:

Tabela 3: Número da Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM) para algas marinhas e ágar e suas descrições

NCM	Descrição
12122000	Algas frescas, refrigeradas, congeladas, secas ou em pó
12122100	Algas próprias para a alimentação humana
12122900	Outras algas, frescas, refrigeradas, congeladas ou secas
13023100	Ágar-ágar -Quilograma Líquido

Fonte: Feito pela autora

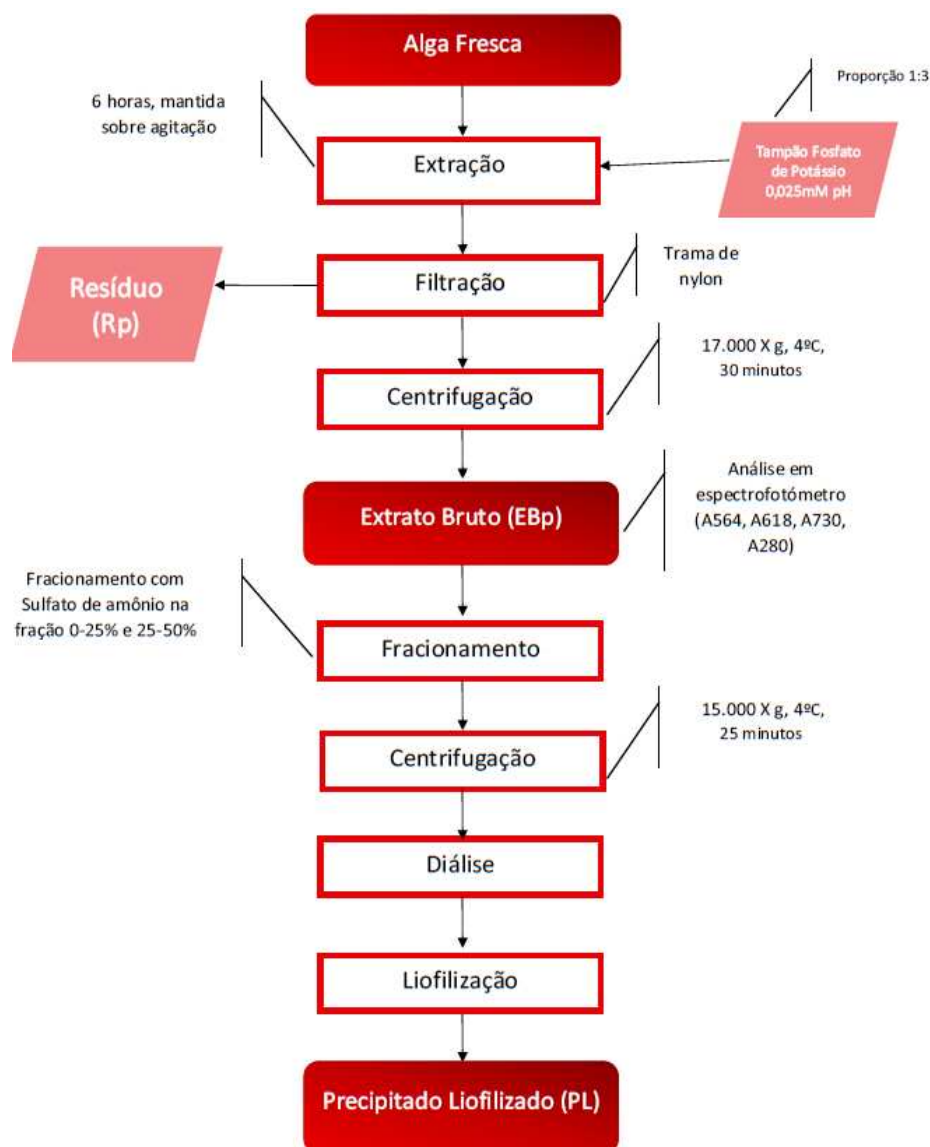
Segundo a tabela redigida pela Câmara de Comércio Exterior (CAMEX) na resolução nº 123 de 30/12/2015 no capítulo 12 nota 5 afirma-se que na posição 12.12, o termo “algas” não inclui: microrganismos mononucleares mortos da posição 21.02, as culturas de microrganismos da posição 30.02 e os adubos (fertilizantes) nas posições 31.01 ou 31.05. Com isso, os números de NCM referente a algas pesquisados nesse trabalho não incluem as microalgas.

Para a pesquisa por ano foi utilizada a ferramenta Período do *site* onde pode-se definir até 6 períodos para a consulta. Já para as outras variáveis foi usada a ferramenta de Detalhamento do filtro para gerar as listas na faixa de período de 01/1997 até 4/2018. Os dados são expressos em dólares dos Estados Unidos, na condição de venda FOB (*Free on Board*) e quilograma líquido e foram agrupados em tabelas e gráficos para a melhor compreensão.

4.2.2. Extração de R-Ficoeritrina de *G.birdiae*.

A Figura 3 mostra o fluxograma da extração de R-Ficoeritrina feita segundo a metodologia de Bastos-Filho (2016)

Figura 3: Fluxograma da extração de R-Ficoeritrina de *G.birdiae*.



Fonte: Elaborado pela autora

A macroalga úmida (100g) foi lavada e triturada em moinho elétrico em contato com o tampão fosfato de potássio 0,025 M, pH 6,5, na proporção de 1:3 (m/v). Em seguida o homogenato foi mantido em agitação por 6 horas e filtrado em tecido de nylon de trama fina. O resíduo algáceo da extração de pigmento(Rp) foi armazenado para

as extrações do ágar e a fração líquida foi centrifugada a 17.000 x g, 4 °C por 30 minutos. A extração foi repetida 5 vezes para o cálculo da média do teor de R-FE e do volume médio do extrato bruto obtido. O sobrenadante obtido, denominado extrato bruto (EBp), foi avaliado quanto ao teor de R-FE de acordo com a Equação 1, proposta por Sampath-Wiley e Neefus (2007):

$$T_{R-FE} = 0,1247[(A_{564} - A_{730}) - 0,4583(A_{618} - A_{730})] \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde:

R-FE: Concentração de R-ficoeritrina (mg/mL)

A_{564} : Absorbância a 564 nm

A_{618} : Absorbância a 618 nm

A_{730} : Absorbância a 730 nm

As absorbâncias A_{280} , A_{564} , A_{618} , A_{730} nm foram determinadas em um espectrofotômetro UV-Vis.

Já os rendimentos da R-FE de *G.birdiae* foram calculados segundo a Equação 2

$$R_{R-FE} = \frac{R-FE}{Gb} \quad \text{Eq. (2)}$$

Onde:

R_{R-FE} : Rendimento da R-ficoeritrina (mg/g);

R-FE: Teor total de R-ficoeritrina no extrato bruto (mg);

Gb : Massa da alga úmida (g)

O índice de pureza da R-FE de *G.birdiae* foi determinado segundo a Equação proposta por Senthilkumar *et al.* (2013).

$$IP = \frac{A_{564}}{A_{280}} \quad \text{Eq. (3)}$$

Onde:

IP: Índice de pureza;

A₅₆₄: Absorbância a 564 nm;

A₂₈₀: Absorbância a 280 nm.

Em seguida, as proteínas do EBp foram fracionadas com sulfato de amônio ((NH₄)₂SO₄), inicialmente na faixa 0-25%. Após 3 h foi centrifugado a 15.000 x g, 4°C por 25 minutos, o precipitado foi descartado e o sobrenadante obtido foi fracionado na faixa 25-50% por 12 h, a 4 °C. Em seguida, o material foi centrifugado a 15.000 x g, 4°C por 25 minutos e o sobrenadante foi descartado. O precipitado foi dialisado durante 72 h, congelado, liofilizado, pesado e denominado PL.

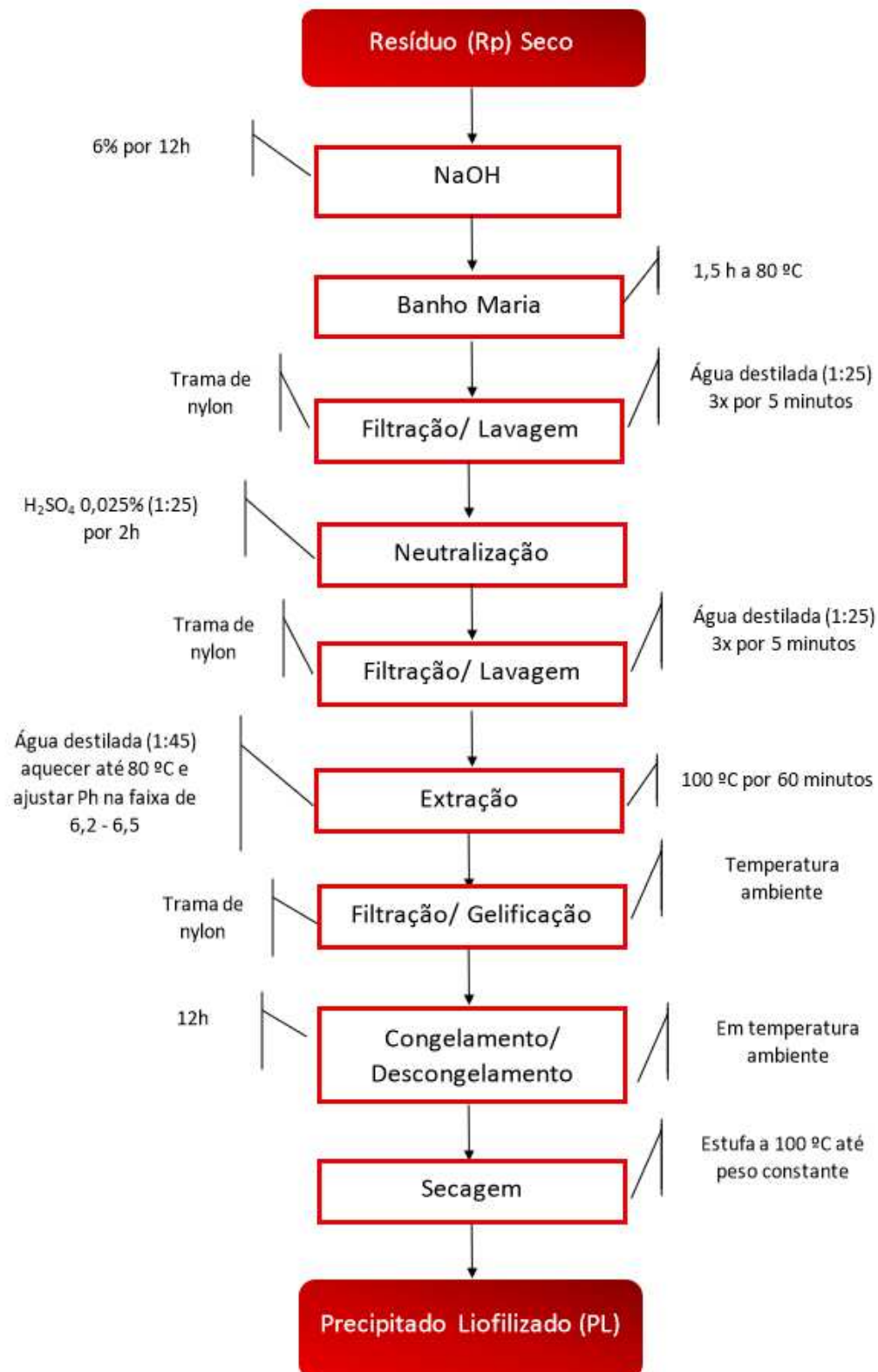
4.2.3. Extração de ágar a partir do resíduo obtido da extração de R-Ficoeritrina.

A extração de ágar (Figura 4) a partir do resíduo da extração de R-ficoeritrina (Rp) seguiu a metodologia adaptada de WANG et al. (2017). Inicialmente, a massa seca de Rp foi tratada com solução de NaOH 6,0 % na proporção de 1:15 (m/v) e mantido por 12 h a temperatura ambiente. Após o período, o homogenato foi aquecido em banho-maria a 80°C por 1h e 30 min, filtrado em tecido de nylon de trama fina e lavado 3 vezes com água destilada na proporção de 1:25 (m/v) por 5 min. cada.

Após a lavagem, foi adicionado uma solução de H₂SO₄ 0,025% (v/v) por 2 h com agitação constante, para neutralizar qualquer resíduo de base existente, e após esse período, o líquido foi drenado e a fração sólida foi lavada com água destilada na proporção de 1:25 (m/v) por 10 minutos. O resíduo tratado foi então submetido à extração aquosa do ágar (1:45, m/v), e ajuste do pH (6,5 -6,8) com H₃PO₄ 10% (v/v) a 80 °C e elevação da temperatura até 100°C por 60 min. Decorrido o tempo, o material foi filtrado ainda quente em trama de nylon e armazenado em temperatura ambiente até sua completa gelificação.

A solução gelificada foi congelada por 12 h, descongelada a temperatura ambiente e seco na estufa a 100°C até peso constante para obtenção do ágar, que em seguida foi pesado e o rendimento calculado com base na massa seca do Rp de acordo com a equação 4.

$$R - \text{ágar} = \frac{\text{Peso do ágar}}{\text{Peso do resíduo}} * 100 \quad \text{Eq. (4)}$$

Figura 4: Fluxograma de Extração de ágar

Fonte: Elaborado pela autora

4.2.4. Otimização da extração de ágar a partir do resíduo da extração de R-Ficoeritrina

Com o intuito de aumentar o rendimento de extração do ágar segundo a metodologia de WANG et al. (2017), foi realizada uma otimização para determinar o tempo ideal de extração a partir de determinadas massas iniciais de resíduo diferente da apresentada por WANG. Foram usadas as massas de 5g, 10g, 15g, 20g e 25g para analisar o melhor tempo de extração.

Foi usada a mesma metodologia anteriormente descrita com a modificação de que foram retiradas alíquotas de 10 mL a cada 10 minutos após a fervura do meio. As amostras foram filtradas em trama de nylon e acondicionadas em béqueres de 50 mL, que foram previamente limpos, secos na estufa a 100 °C por 1 hora, pesados e mantidos em um dessecador. Em seguida, as alíquotas gelificaram a temperatura ambiente dentro do dessecador. Após gelificadas as amostras foram pesadas e secas em estufa a 100 °C até obtenção do peso constante. O rendimento foi calculado com o peso do gel seco com base 0,2222 g de Rp seco, o proporcional de material que teria em 10 mL, de acordo com a equação 5.

$$R - \text{ágar} = \frac{\text{Peso do ágar}(g)}{0,2222g} * 100 \quad \text{Eq. (5)}$$

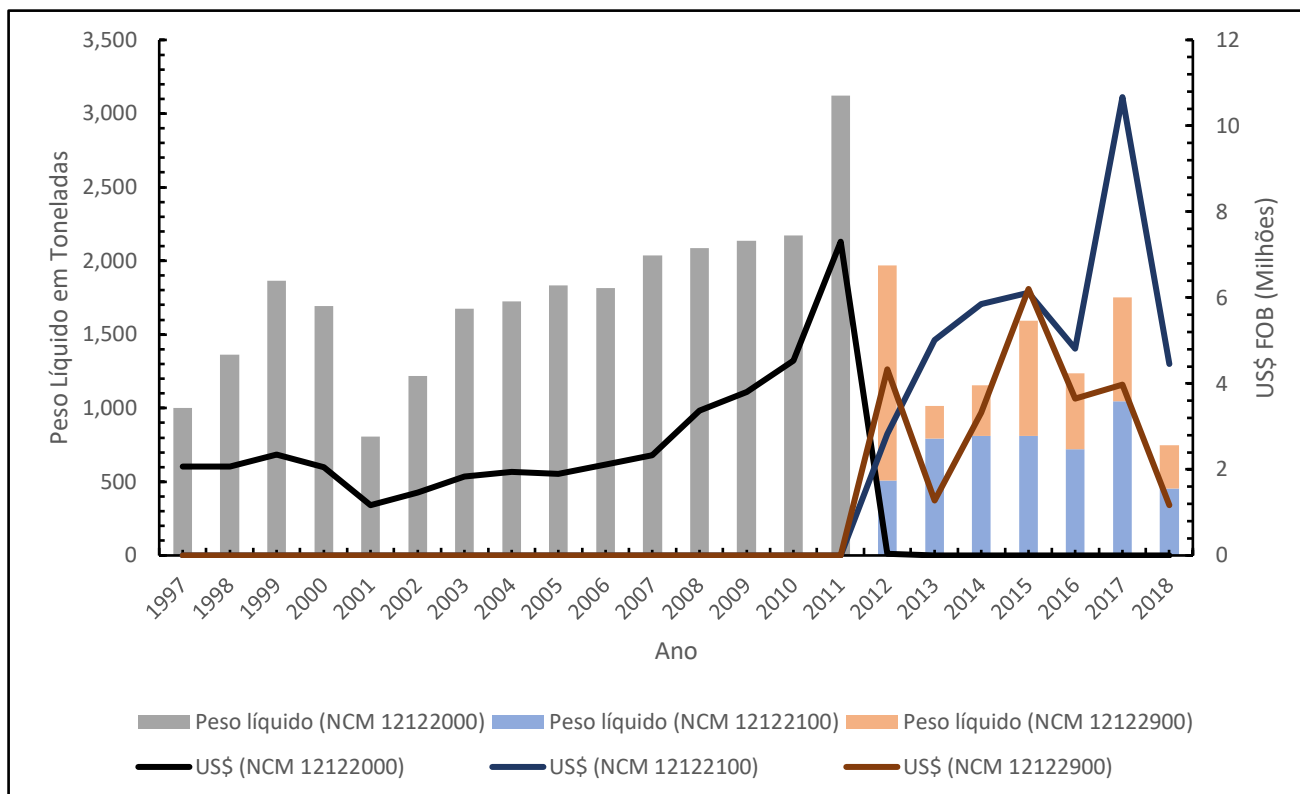
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Comercialização brasileira de algas e ágar

As consultas no *site* AliceWeb sobre algas marinhas mostraram que os números de NCM referem-se a todos as classes de macroalgas que podem ser importadas ou exportadas. Também foi observada, pela descrição do NCM, a diferença entre algas com fins alimentícios e algas em geral, sendo especificadas apenas pelo estado físico de comercialização.

O gráfico 1 apresenta o histograma da importação de algas sob os NCM 12122000, 12122100 e 12122900 realizada pelo Brasil no período de 1997 a 2018. Foi observada uma variação média crescente de 5% até o ano de 2011. Apesar que no ano de 2001 de julho a novembro ocorreram 5 tufões em 3 dos principais países que vendem alga para o Brasil, Filipinas, China e Taiwan. A partir de 2012, o número de NCM das algas foi alterado e dividido em 2 números para a melhor adequação dos produtos. Em relação ao número de NCM 12122900, nota-se que por ter uma descrição parecida com o número utilizado até 2012 as importações nesse ano são bem expressivas chegando a 1.458.582Kg de algas importadas acumulando um valor total de US\$4.333.476,00. No entanto o volume de importação a partir do ano de 2012 cai consideravelmente, só alguns anos chegam próximo aos valores apresentados nos anos mais “fracos” entre 1997 a 2011. O ano de 2018 em apenas 4 meses já acumulou aproximadamente a metade do que foi comprado em 2017. Apesar de que em outubro de 2016 a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) reprovou 5 marcas importadas de algas marinhas por não passar nos testes de rotulagem e apresentar cádmio em concentração acima do limite, ressaltando que o volume de compra desse material pelo país não foi afetado. O ano de 2011 foi o que apresentou o maior volume de importação, 3.121.151 Kg de alga a um preço total de US\$ 7.303.096,00 (US\$ 2,34/Kg).

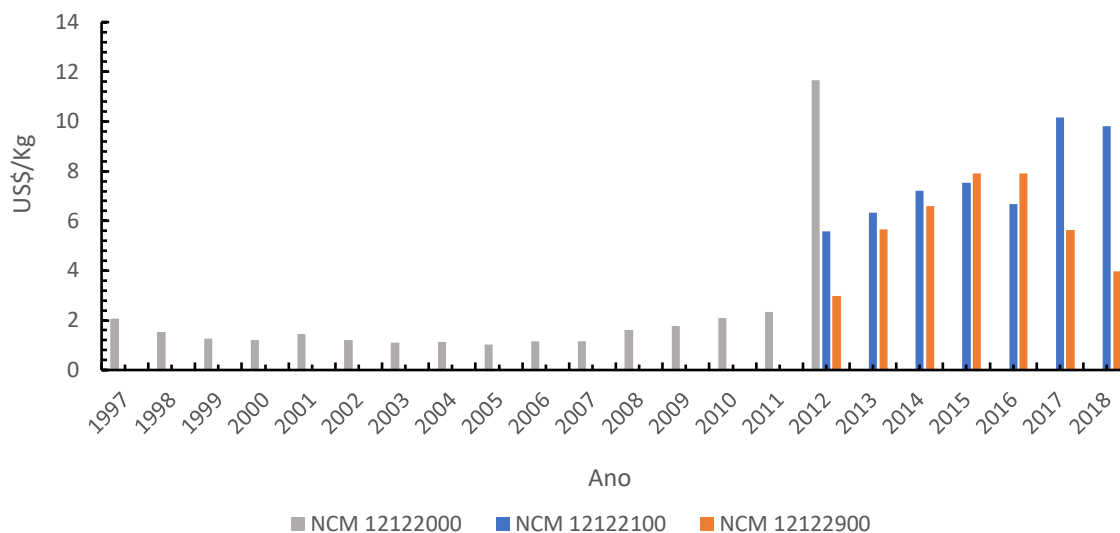
Gráfico 1: Histograma da importação de algas realizada pelo Brasil no período de 1997 a 2018.



Fonte: Elaborado pela autora

O gráfico 2 mostra a flutuação do valor/Kg de algas importadas pelo Brasil no período de 1997 a 2018. 2011 apresentou o maior valor alcançado por Kg, US\$ 11,66/Kg, esse valor é porque foi comprado um volume de 2.820Kg pelo preço de US\$ 32.890,00 pelo NCM 12122000. A partir do ano de 2012 as algas importadas apresentaram valores por quilogramas altos em relação aos anos anteriores. Isso deve-se ao alto valor cobrado em relação ao baixo volume comprado.

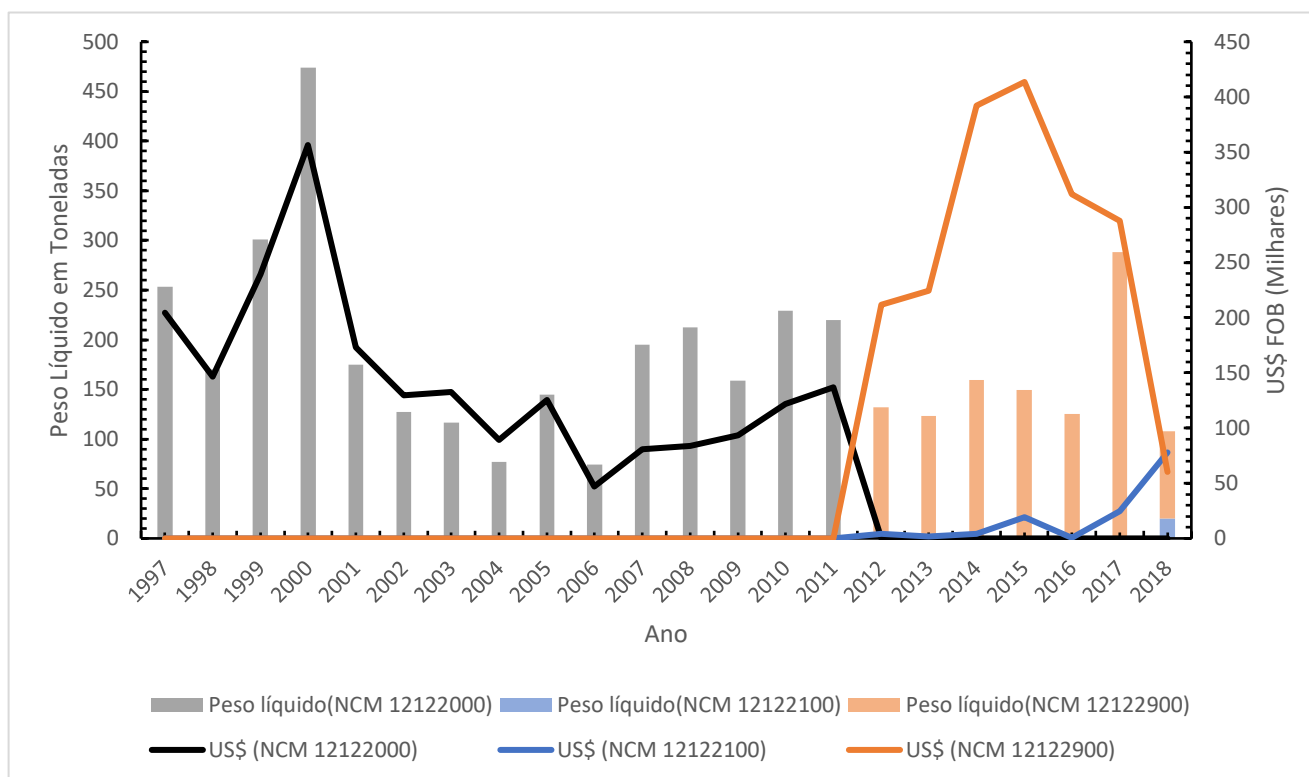
Gráfico 2: Histograma do preço por quilograma de algas frescas, refrigeradas, congeladas, secas ou em pó importada pelo Brasil no período de 1997 a 2018.



Fonte: Elaborado pela autora

O gráfico 3 apresenta o histograma da exportação de algas sob os NCM 12122000, 12122100 e 12122900 realizada pelo Brasil no período de 1997 a 2018. Em 2000 houve a maior exportação em relação ao peso líquido, foram 473.990 Kg de algas vendidos no ano a um preço total de US\$ 359.470,00 (US\$0,75/Kg) sob o NCM 12122000. Entretanto, foi no ano de 2015 que teve o maior valor acumulado US\$ 413.631,00 pagos pelo peso total de 147.604 Kg sob o NCM 12122900.

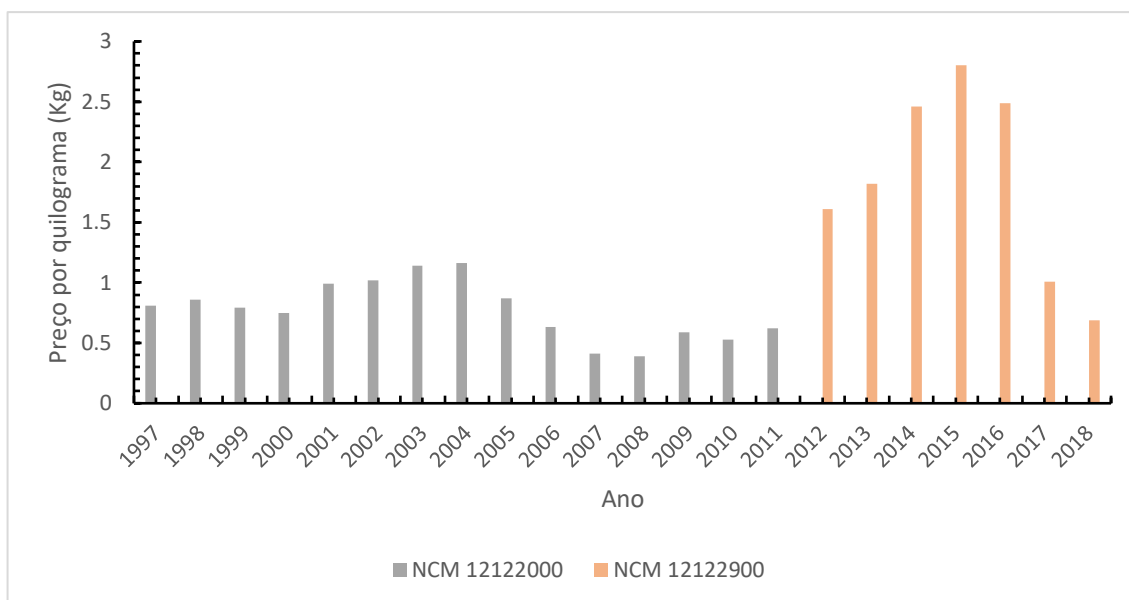
Gráfico 3: Histograma de exportação de algas realizada pelo Brasil no período de 1997 a 2018. Fonte:



Elaborado pela autora

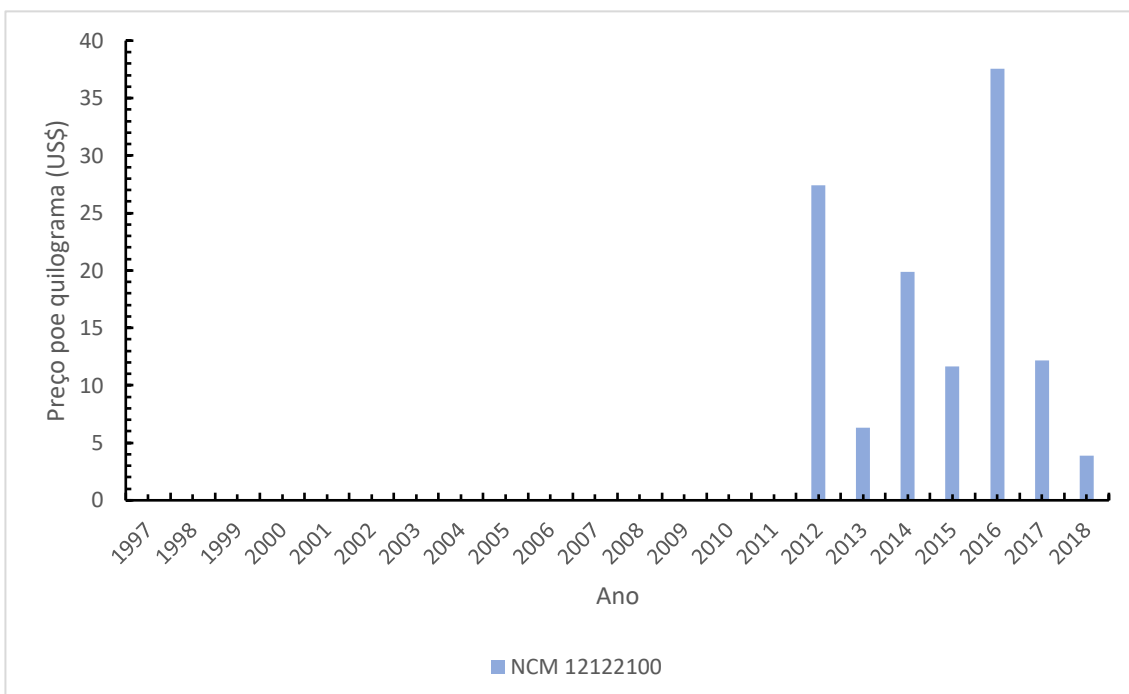
Os gráficos 4 e 5 representam os histogramas do preço por quilo cobrado durante os últimos 20 anos pelos NCM 12122000, 12122100 e 12122900. Os gráficos foram separados para melhor compreensão dos dados. Até o ano de 2011, quando eram representadas pelo NCM 12122000, as algas eram vendidas a valores irrisórios ao máximo de US\$ 1,16/Kg. No entanto, quando houve a divisão de descrição de uma das classificações ficou relacionada a alimentação humana, NCM 12122100, nessa categoria os preços aumentaram substancialmente variando de US\$ 3,89/Kg a US\$ 37,56/Kg. Isso se deve ao fato de que produtos destinados ao consumo humano precisam de uma série de características básicas para seguir esse propósito. Essas características são estabelecidas e regulamentadas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Esse fator influencia diretamente o preço do produto. Entretanto, os valores das algas vendidas pelo NCM 12122900 superaram apenas um pouco aos apresentados pelo NCM anterior a sua validação, mas também foram muito abaixo dos valores apresentados pela venda de algas próprias para a alimentação humana.

Gráfico 4: Histograma do preço por quilograma da importação de algas (NCM 12122000 e NCM 12122900) realizada pelo Brasil no período de 1997 a 2018.



Fonte: Elaborado pela autora

Gráfico 5: Histograma do preço por quilograma da exportação de algas próprias para a alimentação humana (NCM 12122100) realizada pelo Brasil no período de 1997 a 2018.



Fonte: Elaborado pela autora

Os gráficos apresentados mostram que existe uma discrepância muito grande tanto dos valores de compra e venda quanto às quantidades importadas e exportadas pelo

país. O Brasil, durante o período avaliado, comprou o quilo de alga pelo valor médio de US\$ 1,94/Kg \pm 0,45 enquanto vendeu por US\$ 2,17/Kg \pm 2,79 um valor 12% a mais que o valor comprado. Em relação ao peso de algas de 1997 a 2018 o Brasil comprou em média 545.832 Kg por ano enquanto vendeu apenas 60.832Kg por ano, uma diferença de 485.000Kg de algas por ano. Como observa-se nos gráficos o Brasil não é um grande exportador de exportador de algas destinadas a alimentação humana. No entanto, o Brasil tem um grande volume de exportação de algas destinadas para outros fins como a produção de ficocolóides, extratos para cosméticos, fertilizantes e outros produtos. Em relação a mudança dos números de NCM ocorrida em 2012 o volume de venda de algas caiu pelo menos 90% quando visto os números de vendas de algas próprias para alimentação e por volta de 50% quando visto os números de vendas de outras algas. Pode ser explicado pelo da dificuldade de descrições mais aprofundadas quanto aos números de NCM e quais os materiais realmente encaixam nas categorias. 2018 está sendo um ano promissor em relação a exportação de algas. Em apenas 4 meses já se vendeu um total de 108,018Kg pelo preço total de US\$ 138.271,00, isso refere-se a 22,78% do peso líquido vendido no ano 2000 e 33,42% do valor acumulado no ano de 2015.

5.1.1. NCM 12122000: Algas frescas, refrigeradas, congeladas, secas ou em pó

A Tabela 4 apresenta os países que se configuram como os maiores fornecedores de alga para o Brasil, considerando o período de 1997 a 2012. A Indonésia foi o maior fornecedor com 11.718.875Kg ao preço total de US\$13.016.370,00 nos últimos 20 anos e volume importado foi aproximadamente 5 vezes maior que o volume comprado da China. Dessa forma, a Indonésia fornece 44% da alga comprada pelo país. O preço por quilo mais caro de alga já comprado pelo Brasil foi vendido pela Suécia, ao preço de US\$ 89,68/ Kg, a compra toda foi feita no ano de 2011 e pelo estado do Rio de Janeiro. A explicação mais provável para esse preço é que o país teve uma baixa oferta de algas

Tabela 4: Classificação dos países fornecedores de algas frescas, refrigeradas, congeladas, secas ou em pó para o Brasil no período de 1997 a 2018

Classificação	País	US\$ FOB	Peso líquido(Kg)	US\$/Kg
1	Indonésia	13.016.370,00	11.718.875	\$1,11
2	China	9.277.604,00	2.337.641	\$3,97
3	Filipinas	7.754.509,00	9.143.959	\$0,85
4	Estados Unidos	2.631.106,00	240.764	\$10,93
5	Coreia do Sul	1.899.704,00	467.939	\$4,06
6	Japão	1.696.572,00	279.487	\$6,07
7	Ilhas Cayman	762.305,00	837.900	\$0,91
8	Alemanha	568.428,00	152.983	\$3,72
9	Reino Unido	558.206,00	603.011	\$0,93
10	Taiwan (Formosa)	493.537,00	32.429	\$15,22
11	Canadá	490.045,00	45.492	\$10,77
12	Chile	404.818,00	331.594	\$1,22
13	França	227.822,00	208.610	\$1,09
14	Irlanda	155.148,00	35.391	\$4,38
15	Índia	122.986,00	24.506	\$5,02
16	Hong Kong	94.906,00	26.192	\$3,62
17	Suíça	59.574,00	3.935	\$15,14
18	Austrália	55.247,00	22.000	\$2,51
19	Espanha	30.487,00	10.222	\$2,98
20	Suécia	22.689,00	253	\$89,68
21	Islândia	17.988,00	22.665	\$0,79
22	Coreia do Norte	15.608,00	2.925	\$5,34
23	Tailândia	7.125,00	250	\$28,50
24	Argentina	4.367,00	504	\$8,66
25	Groenlândia	3.000,00	3.000	\$1,00
26	Dinamarca	2.324,00	300	\$7,75
27	Noruega	1.810,00	1.910	\$0,95
28	Itália	574,00	990	\$0,58
29	Portugal	114,00	100	\$1,14
	Total	40.374.973,00	26.555.827	

Fonte: Elaborado pela autora

Os países destino das algas brasileiras, assim como o valor total e unitário das algas exportado no período de 1997 a 2018 estão mostrados na Tabela 5. O Japão foi o maior comprador com 20.000 Kg ao preço total de US\$ 77.400,00. O Japão comprou

aproximadamente 2 vezes mais, em relação ao peso líquido, do que o segundo maior comprador, a Argentina.

A preço total de exportação representa apenas 7,25% do preço total de importação. Já o peso líquido total de exportação representa 8,13% do peso total importado

Tabela 5: Classificação dos países compradores de algas frescas, refrigeradas, congeladas, secas ou em pó do Brasil no período de 1997 a 2018

Classificação	País	US\$ FOB	Peso líquido(Kg)	US\$/Kg
1	Japão	1.883.821,00	1.406.082	\$1,34
2	Argentina	734.564,00	638.646	\$1,15
3	Reino Unido	51.267,00	12.136	\$4,22
4	Chile	47.420,00	40.109	\$1,18
5	Bolívia	34.982,00	3.432	\$10,19
6	Dinamarca	23.653,00	5.400	\$4,38
7	China	17.640,00	2.700	\$6,53
8	França	17.020,00	5.330	\$3,19
9	Alemanha	16.647,00	4.535	\$3,67
10	Estados Unidos	16.457,00	4.653	\$3,54
11	Paraguai	15.598,00	804	\$19,40
12	Canadá	14.552,00	5.250	\$2,77
13	Portugal	12.441,00	12.409	\$1,00
14	Coreia do Sul	10.838,00	12.750	\$0,85
15	Moçambique	9.387,00	250	\$37,55
16	Bélgica	8.960,00	2.200	\$4,07
17	Hong Kong	8.850,00	3.000	\$2,95
18	Áustria	3.601,00	550	\$6,55
19	Uruguai	999,00	90	\$11,10
20	Venezuela	346,00	20	\$17,30
21	Azerbaijão	218,00	24	\$9,08
22	Nicarágua	183,00	4	\$45,75
23	Suíça	110,00	10	\$11,00
24	Costa Rica	81,00	10	\$8,10
25	Israel	50,00	61	\$0,82
26	Angola	33,00	11	\$3,00
	Total	2.929.718,00	2.160.466	

Fonte: Elaborado pela autora

A Tabela 6 mostra a classificação dos estados brasileiros compradores de algas frescas, refrigeradas, congeladas, secas ou em pó. Foi observado que 14 dos 26

estados brasileiros importaram algas. São Paulo é o maior importador do Brasil, chegando a um montante de 24.873.719Kg a um valor total de US\$ 35.590.496,00. A diferença de São Paulo para o segundo lugar, a Paraíba, é mais de 22 vezes em relação ao preço e 20 vezes em relação ao peso líquido. O Ceará está na última posição de estados compradores de algas do país com um peso líquido total de 100 Kg a um valor total de US\$ 2.400,00, e pagou um dos preços mais caros por quilograma, US\$ 24,00/Kg.

Tabela 6: Classificação dos estados brasileiros compradores de algas frescas, refrigeradas, congeladas, secas ou em pó no período de 1997 a 2018

Classificação	Estado	US\$ FOB	Peso líquido(Kg)	US\$/Kg
1	São Paulo	35.590.496,00	24.837.719	\$1,43
2	Paraíba	1.572.964,00	1.241.265	\$1,27
3	Rio de Janeiro	1.048.387,00	129.842	\$8,07
4	Goiás	456.513,00	50.200	\$9,09
5	Paraná	412.608,00	16.517	\$24,98
6	Santa Catarina	399.147,00	62.199	\$6,42
7	Pernambuco	333.460,00	140.993	\$2,37
8	Rio Grande do Sul	135.185,00	7.324	\$18,46
9	Distrito Federal	110.983,00	9.600	\$11,56
10	Espírito Santo	108.563,00	9.249	\$11,74
11	Bahia	105.966,00	46.054	\$2,30
12	Tocantins	50.530,00	3.600	\$14,04
13	Amazonas	47.771,00	1.165	\$41,01
14	Ceará	2.400,00	100	\$24,00
	Total	40.374.973,00	26.555.827	

Fonte: Elaborado pela autora

A classificação dos estados brasileiros que mais vendem algas está mostrada na Tabela 7. Foi possível observar que apenas 11 dos 26 estados brasileiros exportaram alga. Paraíba foi o maior exportador do Brasil, chegando a um montante de 1.705.012Kg a um valor total de US\$2.146.712,00. O Ceará está em segundo lugar em relação a exportação de algas com um peso líquido total de 264.301Kg a um preço total de US\$394.272,00. No entanto, a Paraíba exportou aproximadamente 5 vezes mais do que Ceará, uma vez que o preço por quilo, US\$ 1,49/Kg, é mais caro que o da Paraíba, US\$1,26/Kg. Sai do país como consumo de bordo, consumo aquele feito em embarcações ou aeronave, 161Kg no valor total de US\$ 1.032,00. Também incluso nas exportações esta as mercadorias

nacionalizadas, com um peso total de 5.719Kg por um preço de US\$ 26.724,00. Esses dois valores estão incluídos nos valores totais dos estados exportadores.

Tabela 7: Classificação dos estados brasileiros vendedores de algas frescas, refrigeradas, congeladas, secas ou em pó no período de 1997 a 2018

Classificação	Estado	US\$ FOB	Peso líquido(Kg)	US\$/Kg
1	Paraíba	2.146.712,00	1.705.012	\$1,26
2	Ceará	394.272,00	264.301	\$1,49
3	São Paulo	163.931,00	107.325	\$1,53
4	Espírito Santo	106.114,00	42.541	\$2,49
5	Pernambuco	49.335,00	14.350	\$3,44
6	Rio Grande do Norte	21.404,00	18.400	\$1,16
7	Mato Grosso do Sul	19.753,00	2.587	\$7,64
8	Rio de Janeiro	396,00	72	\$5,50
11	Goiás	45,00	1	\$45,00
	Total	2.929.718,00	2.160.466	

Fonte: Elaborado pela autora

Já em relação as vias de acesso das algas importadas pelo Brasil (Tabela 8), o meio marítimo é destaque. Isso se deve principalmente ao fato de que o maior fornecedor do produto foi a Indonésia.

Tabela 8: Vias de acesso no Brasil das algas frescas, refrigeradas, congeladas, secas ou em pó importadas no Brasil de 1997 a 2018.

Classificação	Via	US\$ FOB	Peso líquido(Kg)	US\$/Kg
1	Marítima	39.410.513,00	26.347.792	\$1,50
2	Aérea	878.868,00	58.182	\$15,11
3	Rodoviária	85.282,00	149.853	\$0,57
4	Postal	310,00	0	\$0,00
	Total	40.374.973,00	26.555.827	

Fonte: Elaborado pela autora

Já as vias de escoamento das algas coletadas no Brasil estão mostradas na Tabela 9. Onde a via marítima também é a mais usada devido ao maior comprador das nossas algas ser o Japão. Seguida da via terrestre por conta do segundo maior comprador ser a Argentina, país ao qual o Brasil faz fronteira.

Tabela 9: Vias de escoamento do Brasil das algas frescas, refrigeradas, congeladas, secas ou em pó de 1997 a 2018.

Classificação	Via	US\$ FOB	Peso líquido(Kg)	US\$/Kg
1	Marítima	1.971.522,00	1.485.332	\$1,33
2	Rodoviária	759.606,00	627.905	\$1,21
3	Aérea	194.183,00	47.001	\$4,13
4	Meios próprios	2.320,00	212	\$10,94
5	Postal	2.087,00	16	\$130,44
	Total	\$2.929.718,00	2.160.466	

Fonte: Elaborado pela autora

5.1.2. NCM 12122100: Algas próprias para a alimentação humana

A tabela 10 apresenta os países que se configuram como os maiores fornecedores de alga para o Brasil nos últimos 7 anos como mostrado nos gráficos anteriores. A China foi o maior fornecedor com 3.716.33 Kg ao preço total de US\$ 28.269.452,00, representando aproximadamente 4,5 vezes mais, em relação ao peso líquido e 5,6 vezes, em relação ao preço total, do que o segundo maior fornecedor, a Filipinas. O preço por quilo mais caro de alga já comprado pelo Brasil nos últimos 7 anos foi vendido pela Noruega, ao preço de US\$ 49,66/ Kg, a compra foi feita entre os anos de 2015 a 2017. A explicação mais provável para esse preço é a mesma dada a Suécia, a produção de algas com um volume não tão expressivo fazendo com que o preço se torne alto.

Tabela 10: Classificação dos países fornecedores de algas próprias para a alimentação humana para o Brasil no período de 1997 a 2018

Classificação	País	US\$ FOB	Peso líquido(Kg)	US\$/Kg
1	China	28.269.452,00	3.716.333	\$7,61
2	Filipinas	4.983.065,00	814.360	\$6,12
3	Coreia do Sul	3.850.922,00	314.535	\$12,24
4	Estados Unidos	1.045.984,00	58.518	\$17,87
5	Japão	867.301,00	110.658	\$7,84
6	México	282.620,00	9.933	\$28,45
7	Indonésia	232.406,00	47.525	\$4,89
8	Alemanha	76.468,00	23.529	\$3,25
9	Noruega	47.376,00	954	\$49,66
10	Taiwan (Formosa)	33.926,00	19.510	\$1,74

11	Itália	15.267,00	8.500	\$1,80
12	França	13.549,00	5.150	\$2,63
13	Peru	13.204,00	11.934	\$1,11
14	Coreia do Norte	1.601,00	120	\$13,34
15	Índia	692,00	77	\$8,99
	Total	39.733.833,00	5.141.636	

Fonte: Elaborado pela autora

Os países destino das algas brasileiras, assim como o valor total e unitário das algas exportado no período de 1997 a 2018 pelo NCM 12122100 estão mostrados na Tabela 11. Os Estados Unidos (EUA) foi o maior comprador com 20.000 Kg ao preço total de US\$ 77.400,00. Os EUA compram aproximadamente 8 vezes, em relação ao peso líquido, mais do que o segundo maior comprador, a França. No entanto a França comprou as nossas algas a um preço por quilo aproximadamente 3 vezes maior que o EUA.

Tabela 11: Classificação dos países compradores de algas próprias para a alimentação humana do Brasil no período de 1997 a 2018

Classificação	País	US\$ FOB	Peso líquido(Kg)	US\$/Kg
1	Estados Unidos	77.400,00	20.000	3,87
2	França	26.185,00	2.500	10,47
3	México	14.240,00	890	16,00
4	Bolívia	13.133,00	783	16,77
5	Uruguai	1.070,00	100	10,70
6	Angola	22,00	1	22,00
7	Paraguai	21,00	2	10,50
	Total	132.071,00	24.276	

Fonte: Elaborado pela autora

A Tabela 12 mostra a classificação dos estados brasileiros compradores de algas próprias para a alimentação humana. Foi observado que 16 dos 26 estados brasileiros importaram algas. São Paulo é o maior importador do Brasil, chegando a um montante de 3.757.650Kg a um valor total de US\$ 25.338.361,00. A diferença de São Paulo para o segundo lugar, Santa Catarina, é mais de 4,3 vezes em relação ao preço e 8 vezes em relação ao peso líquido. O Ceará está na décima segunda posição de estados compradores de algas do país com um peso líquido total de 1.344 Kg a um valor total de US\$30.851,00, e pagou um dos preços mais caros por quilograma, US\$ 22,95/Kg.

Tabela 12: Classificação dos estados brasileiros compradores de algas própria para a alimentação humana no período de 1997 a 2018

Classificação	Estado	US\$ FOB	Peso líquido(Kg)	US\$/Kg
1	São Paulo	25.338.361,00	3.757.650	6,74
2	Santa Catarina	5.804.452,00	466.147	12,45
3	Pernambuco	2.074.708,00	100.566	20,63
4	Mina Gerais	1.946.905,00	200.440	9,71
5	Rio de Janeiro	1.703.547,00	69.020	24,68
6	Rondônia	1.585.593,00	211.147	7,51
7	Alagoas	623.892,00	296.249	2,11
8	Paraíba	408.951,00	14.166	28,87
9	Amazonas	70.810,00	2.700	26,23
10	Paraná	46.629,00	6.770	6,89
11	Bahia	42.411,00	12.963	3,27
12	Ceará	30.851,00	1.344	22,95
13	Mato Grosso do Sul	22.983,00	660	34,82
14	Espírito Santo	20.815,00	832	25,02
15	Rio Grande do Norte	9.403,00	482	19,51
16	Goiás	3.522,00	500	7,04
	Total	\$39.733.833,00	5.141.636	

Fonte: Elaborado pela autora

A classificação dos estados brasileiros que mais vendem algas nos últimos anos está mostrada na Tabela 13. Foi possível observar que apenas 7 dos 26 estados brasileiros exportaram algas. O Espírito Santo foi o maior exportador do Brasil, chegando a um montante de 23.100Kg a um valor total de US\$113.185,00. O Ceará não aparece dentre os estrados exportadores de alga pelo NCM 12122100. Sai como consumo de bordo 51 Kg por um valor de US\$ 830,00. Já como mercadoria nacionalizada sai 202 Kg ao valor de US\$ 3.221,00.

Tabela 13: Classificação dos estados brasileiros compradores de algas próprias para alimentação humana no período de 1997 a 2018

Classificação	Estado	US\$ FOB	Peso líquido(Kg)	US\$/Kg
1	Espírito Santo	113.185,00	23.100	4,90
2	São Paulo	9.164,00	360	25,46
3	Mato Grosso do Sul	4.943,00	512	9,65
4	Rio de Janeiro	640,00	40	16,00
5	Rondônia	88,00	11	8,00
	Total	132.071,00	24.276	

Fonte: Elaborado pela autora

Já em relação as vias de acesso das algas importadas pelo Brasil (Tabela 14), o meio marítimo é destaque. Isso se deve principalmente ao fato de que o maior fornecedor do produto foi a China.

Tabela 14: Vias de acesso no Brasil das algas próprias para a alimentação humana de 1997 a 2018.

Classificação	Via	US\$ FOB	Peso líquido(Kg)	US\$/Kg
1	Marítima	39.444.032,00	5.131.312	7,69
2	Aérea	289.801,00	10.324	28,07
	Total	39.733.833,00	5.141.636	

Fonte: Elaborado pela autora

Já as vias de escoamento das algas para alimentação no Brasil estão mostradas na Tabela 15. Onde a via aérea também é a mais usada devido ao maior comprador das nossas algas ser os EUA. Seguido da via marítima por com conta do segundo maior comprador ser a França.

Tabela 15: Vias de escoamento do Brasil das algas próprias para a alimentação humana de 1997 a 2018.

Classificação	Via	US\$ FOB	Peso Líquido (kg)	US\$/Kg
1	Aérea	30.885,00	2.762	11,18
2	Marítima	10.400,00	650	16,00
3	Rodoviária	10.049,00	762	13,19
4	Meios próprios	3.337,00	102	32,72
	Total	54.671,00	4.276	

Fonte: Elaborado pela autora

5.1.3. NCM 12122900: Outras algas frescas, refrigeradas, congeladas ou secas

Alguns dos maiores fornecedores de algas dos últimos 7 anos para o Brasil estão listados na Tabela 16. A Filipinas foi o maior fornecedor com 1.820.228Kg ao preço total de US\$10.870.216,00. A China e a Indonésia ficam em segundo e terceiro lugar, respectivamente, com valores muito parecidos de venda. E em relação ao primeiro lugar, as Filipinas, chegam a ter aproximadamente metade do poder de venda. O preço por quilo mais caro de alga já comprado pelo Brasil nessa categoria foi vendido pela Bélgica, ao preço de US\$ 363,48/ Kg.

Tabela 16: Classificação dos países fornecedores de outras algas frescas, refrigeradas, congeladas ou secas para o Brasil no período de 1997 a 2018

Classificação	País	US\$ FOB	Peso líquido(Kg)	US\$/Kg
1	Filipinas	10.870.216,00	1.820.228	5,97
2	China	5.061.032,00	735.900	6,88
3	Indonésia	4.713.680,00	1.276.300	3,69
4	Canadá	1.742.615,00	117.120	14,88
5	França	426.330,00	240.010	1,78
6	Suécia	222.448,00	2.560	86,89
7	Taiwan (Formosa)	210.900,00	37.337	5,65
8	Alemanha	198.682,00	32.902	6,04
9	Irlanda	144.241,00	37.958	3,80
10	Dinamarca	120.548,00	649	185,74
11	Estados Unidos	83.024,00	7.107	11,68
12	Espanha	48.472,00	7.757	6,25
13	Noruega	47.489,00	5.292	8,97
14	Chile	36.653,00	5.432	6,75
15	Bélgica	5.814,00	16	363,38
16	Reino Unido	5.330,00	702	7,59
17	Japão	2.724,00	136	20,03
18	Coreia do Sul	367,00	45	8,16
	Total	23.940.565,00	4.327.451	

Fonte: Elaborado pela autora

Os países que mais compram algas pelo NCM 12122900 estão descritos na Tabela 17. O Japão foi o maior comprador com 755.245Kg ao preço total de US\$ 1.742.072,00. O Japão comprou aproximadamente 4 vezes, em relação ao peso líquido e 23 vezes em relação ao preço total, mais do que o segundo maior comprador, a Holanda.

Tabela 17: Classificação dos países compradores de outras algas frescas, refrigeradas, congeladas ou secas do Brasil no período de 1997 a 2018

Classificação	País	US\$ FOB	Peso líquido(Kg)	US\$/Kg
1	Japão	1.742.072	755.245	2,31
2	Países Baixos (Holanda)	75.522	192.000	0,39
3	Chile	52.874	40.000	1,32
4	Costa Rica	10.180	24.000	0,42
5	França	7.507	48.000	0,16
6	México	6.670	1.000	6,67

7	Uruguai	3.711	380	9,77
8	Bolívia	2.002	251	7,98
9	Estados Unidos	403	5	80,60
10	Paraguai	99	5	19,80
11	Portugal	66	2	33,00
12	Coreia do Sul	2	7	0,29
	Total	1.901.108	1.060.895	

Fonte: Elaborado pela autora

A Tabela 18 mostra a classificação dos estados brasileiros compradores de outras algas frescas, refrigeradas, congeladas ou secas. Foi observado que 12 dos 26 estados brasileiros importaram algas. São Paulo é o maior importador, chegando a um montante de 2.073.887 Kg a um valor total de US\$ 10.066.977,00. A diferença de São Paulo para o segundo lugar, Minas Gerais, é de apenas 1,7 vezes em relação ao preço e 1,3 vezes em relação ao peso líquido. O Ceará está na última posição de estados compradores de algas do país com um peso líquido total de apenas 16 Kg a um valor total de US 5.814,00, fazendo dele o estado a pagar mais caro o preço por quilograma de alga, US\$ 363,38/Kg.

Tabela 18: Classificação dos estados brasileiros compradores outras algas frescas, refrigeradas, congeladas ou secas no período de 1997 a 2018

Classificação	Estado	US\$ FOB	Peso líquido(Kg)	US\$/Kg
1	São Paulo	10.066.977	2.073.887	4,85
2	Minas Gerais	7.731.148	1.168.000	6,62
3	Paraíba	4.169.266	704.500	5,92
4	Goiás	916.208	77.292	11,85
5	Rio Grande do Sul	417.098	202.000	2,06
6	Rio de Janeiro	222.448	2.560	86,89
7	Santa Catarina	183.334	24.402	7,51
8	Pernambuco	80.684	3.435	23,49
9	Paraná	76.732	6.869	11,17
10	Bahia	48.213	45.432	1,06
11	Alagoas	22.643	19.058	1,19
12	Ceará	5.814	16	363,38
	Total	23.940.565	4.327.451	

Fonte: Elaborado pela autora

A classificação dos estados brasileiros que mais vendem algas está na Tabela 19. Foi possível observar que apenas 6 dos 26 estados brasileiros exportaram alga. Paraíba

foi o maior exportador do Brasil, chegando a um montante de 795.245 Kg a um valor total de US\$ 1.794.946,00. O Ceará não aparece no cenário exportador de outras algas frescas, refrigeradas, congeladas ou secas. Sai do país como mercadoria nacionalizada o total de 5 Kg ao valor de US\$ 99,00.

Tabela 19: Classificação dos estados brasileiros vendedores de outras algas frescas, refrigeradas, congeladas ou secas no período de 1997 a 2018

Classificação	Estado	US\$ FOB	Peso líquido(Kg)	US\$/Kg
1	Paraíba	1.794.946	795.245	2,26
2	Maranhão	93.209	264.000	0,35
3	Minas Gerais	7.073	1.005	7,04
4	São Paulo	4.425	575	7,70
5	Mato Grosso do Sul	1.356	65	20,86
	Total	1.901.108	1.060.895	

Fonte: Elaborado pela autora

Já em relação as vias de acesso de outras algas importadas pelo Brasil (Tabela 20), o meio marítimo é destaque. Isso se deve principalmente ao fato de que os maiores fornecedores desse material estão localizados no continente asiático.

Tabela 20: Vias de acesso no Brasil das outras algas frescas, refrigeradas, congeladas ou de 1997 a 2018.

Classificação	Via	US\$ FOB	Peso líquido(Kg)	US\$/Kg
1	Marítima	22.107.933,00	4.222.867	5,24
2	Aérea	1.832.632,00	104.584	17,52
	Total	23.940.565,00	4.327.451	5,53

Fonte: Elaborado pela autora

Já as vias de escoamento no Brasil de outras algas estão mostradas na Tabela 21. Onde a via marítima também é a mais utilizada devido ao maior comprador das nossas algas ser o Japão.

Tabela 21: Vias de escoamento do Brasil das outras algas frescas, refrigeradas, congeladas ou secas de 1997 a 2018

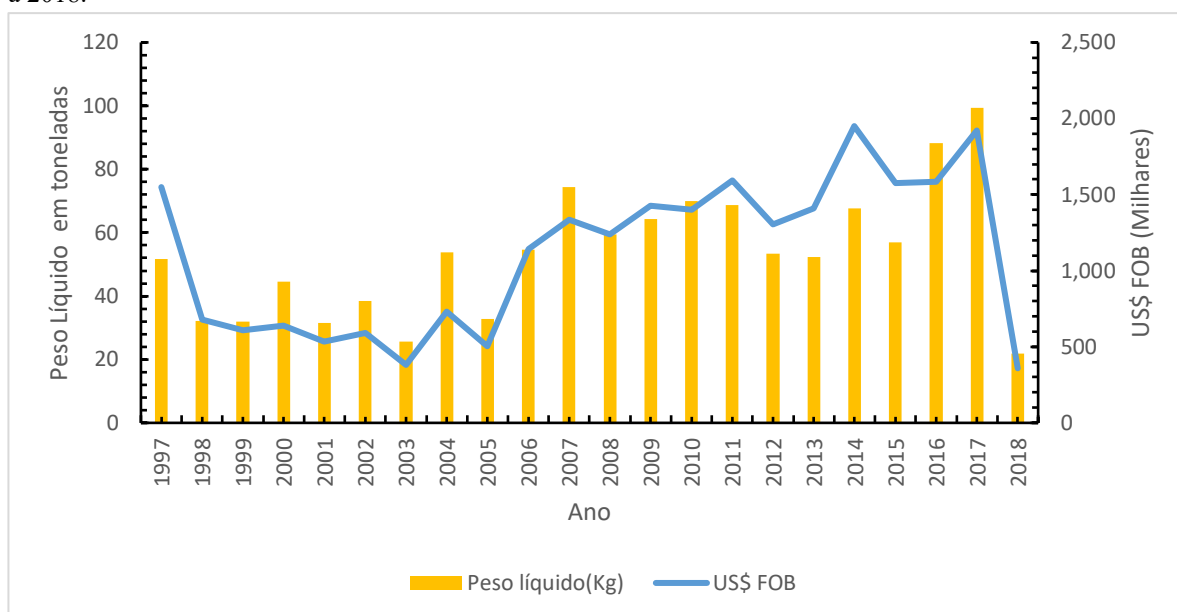
Classificação	Via	US\$ FOB	Peso Líquido (kg)	US\$/Kg
1	Marítima	1.882.695	1.057.595	1,78
2	Aérea	12.601	2.664	4,73
3	Rodoviária	5.812	636	9,14
	Total	1.901.108	1.060.895	

Fonte: Elaborado pela autora

5.1.4. NCM 13023100: Ágar-ágar

Em relação ao ágar, apenas um número de NCM foi cadastrado durante todo o período avaliado. O gráfico 6 apresenta o histograma da importação de ágar realizada pelo Brasil sob o NCM 13023100 no período de 1997 a 2018. Os anos apresentam uma variação média de 5% durante os anos. Em 2017 houve a maior importação em relação ao peso líquido, foram 99.264Kg de ágar a um preço total de US\$ 1.921.496,00.

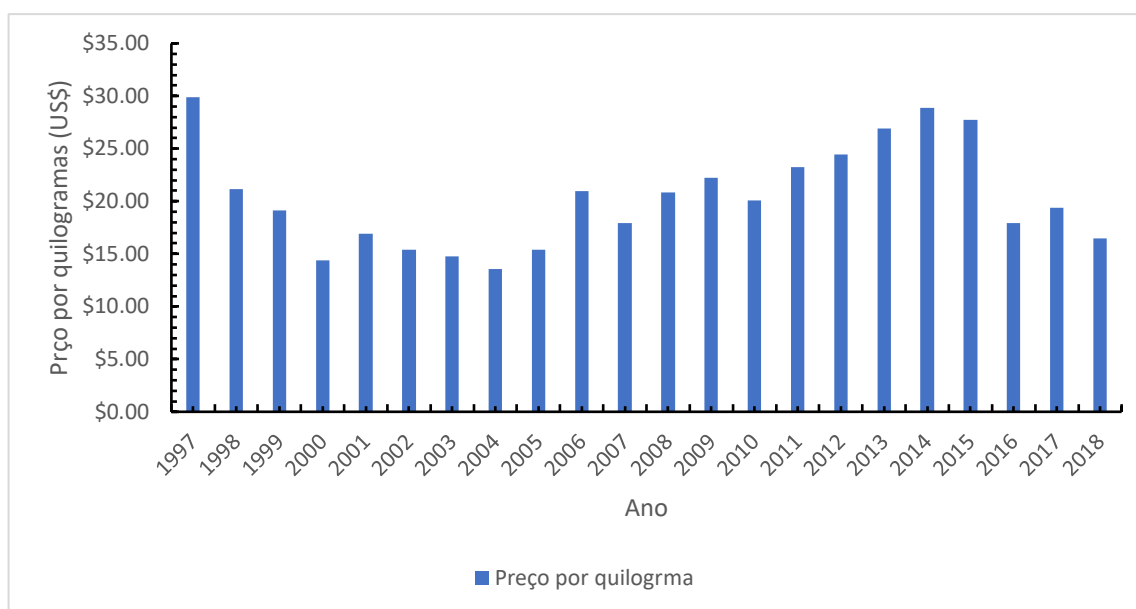
Gráfico 6: Histograma da importação de ágar (NCM 13023100) realizada pelo Brasil no período de 1997 a 2018.



Fonte: Elaborado pela autora

O gráfico 7 mostra que no ano de 1997 foi observado o valor máximo do preço por quilo de ágar, US\$ 29,89/Kg.

Gráfico 7: Histograma do preço por quilograma da ágar (NCM 13023100) realizada pelo Brasil no período de 1997 a 2018.

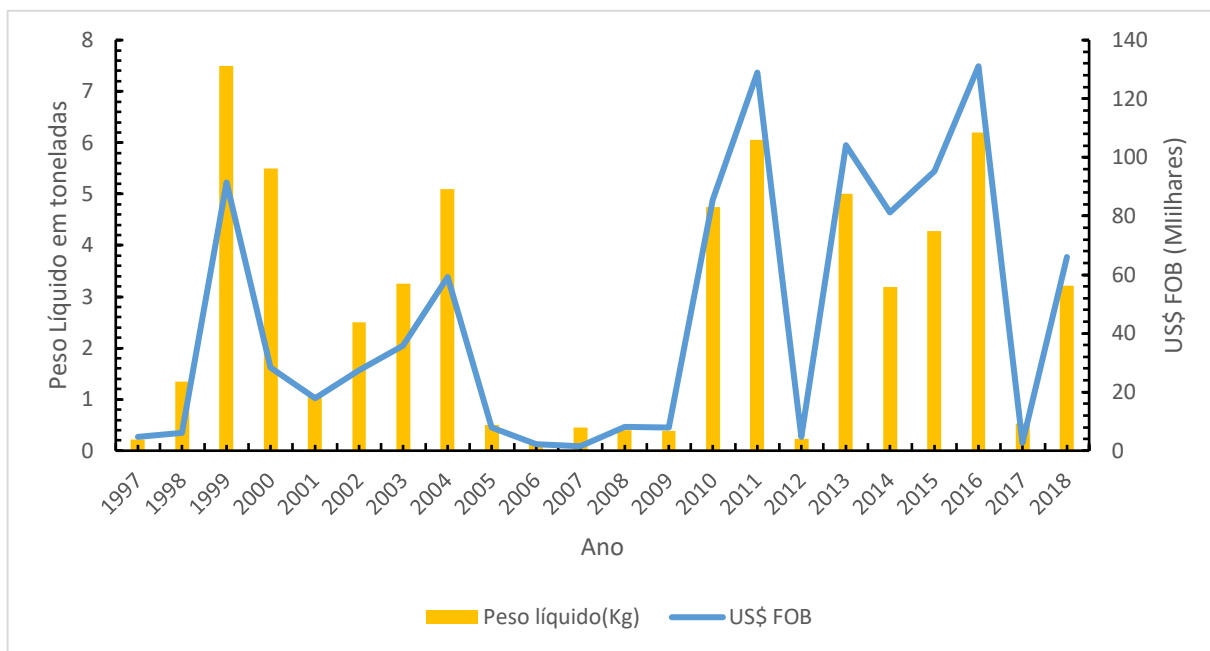


Fonte: Elaborado pela autora

O gráfico 8 apresenta o histograma da exportação de ágar realizada pelo Brasil no período de 1997 a 2018. É perceptível a grande variação tanto de preço quanto de volume de venda nesses 20 anos. O ano de maior exportação em relação ao volume de produto vendido foi o de 1999 com 7.500 Kg pelo preço total de US\$ 91.500,00. No entanto o ano de 2016 foi o ano que teve o valor acumulado mais alto US\$ 131.083,00 pelos 6.200 Kg vendidos. As vendas de ágar pelo Brasil são muito dependentes da Paraíba, os anos que tem as menores vendas ou o estado não vendeu nada ou vendeu muito pouco, fazendo com que tenha essas quedas bruscas no gráfico.

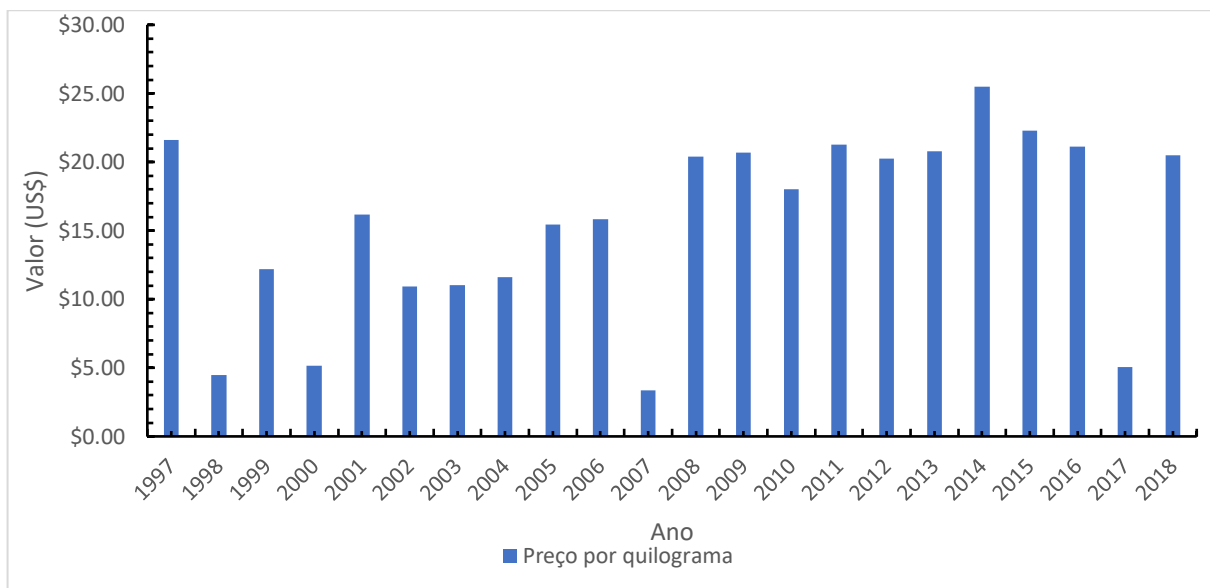
Já quando analisamos o gráfico 9, verifica-se que o ano 2014 é o ano que tem o maior preço por quilo de ágar vendido pelo Brasil, US\$ 25,50/Kg.

Gráfico 8: Histograma da exportação de ágar (NCM 13023100) pelo Brasil no período de 1997 a 2018.



Fonte: Elaborado pela autora

Gráfico 9: Histograma do preço por quilograma da exportação de ágar (NCM 13023100) realizada pelo Brasil no período de 1997 a 2018.



Fonte: Elaborado pela autora

Quando compara-se os preços cobrados pelo quilograma de alga e pelo quilograma de ágar nota-se uma grande diferença. Tirando as algas que são destinadas à alimentação que passam por rigorosas séries de exigências para serem compradas e

vendidas, as algas geralmente são vendidas mais baratas que o ágar. Isso se deve ao fato de que o ágar é um produto derivado da alga o qual é obtido por processos industriais, em que, dependendo da sua finalidade, necessitará de mais exigências, tais como elevado grau de pureza, especificações de uso, dentre outros gerando, assim, um produto de alto custo.

A Tabela 22 apresenta os países que se configuram como os maiores fornecedores de ágar para o Brasil. O Chile foi o maior fornecedor com 743.820 Kg ao preço total de US\$ 14.618.039,00, representando aproximadamente 3,5 vezes mais, em relação ao peso líquido e 5 vezes, em relação ao preço total, do que o segundo maior fornecedor, a China. O preço por quilo mais caro de ágar já comprado pelo Brasil foi vendido pelo Canadá, ao preço de US\$ 606,30/Kg,

Tabela 22: Classificação dos países fornecedores de ágar para o Brasil no período de 1997 a 2018

Classificação	País	US\$ FOB	Peso líquido(Kg)	US\$/Kg
1	Chile	14.618.039,00	743.820	19,65
2	China	2.936.742,00	214.023	13,72
3	Bélgica	2.010.549,00	47.148	42,64
4	Alemanha	763.547,00	18.394	41,51
5	Estados Unidos	688.194,00	19.095	36,04
6	Japão	626.162,00	11.049	56,67
7	Portugal	603.881,00	33.940	17,79
8	México	497.301,00	14.458	34,40
9	Espanha	456.119,00	12.958	35,20
10	Itália	292.997,00	14.654	19,99
11	Finlândia	158.427,00	874	181,27
12	Países Baixos (Holanda)	158.058,00	3.735	42,32
13	Índia	151.638,00	17.336	8,75
14	Reino Unido	103.989,00	2.992	34,76
15	Marrocos	83.652,00	1.400	59,75
16	França	78.896,00	2.286	34,51
17	Indonésia	57.919,00	3.500	16,55
18	Suíça	57.875,00	690	83,88
19	Argentina	56.688,00	5.060	11,20
20	Taiwan (Formosa)	33.899,00	4.674	7,25
21	Hong Kong	9.730,00	1.000	9,73
22	Canadá	6.063,00	10	606,30

23	Dinamarca	3.496,00	23	152,00
24	Suécia	1.269,00	10	126,90
25	Polônia	1.161,00	13	89,31
26	Cuba	1.114,00	69	16,14
27	Áustria	205,00	1	205,00
28	Lituânia	154,00	0	0,00
29	Uruguai	109,00	1	109,00
Total		24.457.873,00	1.173.213	

Fonte: Elaborado pela autora

Os países destinos do ágar brasileiro no período de 1997 a 2018 estão mostrados na Tabela 23. O Paraguai foi o maior comprador com 22.089 Kg ao preço total de US\$ 477.514,00. O Paraguai comprou aproximadamente 1,8 vezes, em relação ao peso líquido e 2,6 vezes em relação ao valor total, mais do que o segundo maior comprador, a Argentina. A Nigéria foi o país que comprou o quilograma mais caro do Brasil, US\$ 998,33/Kg.

Tabela 23: Classificação dos países compradores de ágar do Brasil no período de 1997 a 2018

Classificação	País	US\$ FOB	Peso líquido(Kg)	US\$/Kg
1	Paraguai	477.514,00	22.089	21,62
2	Argentina	183.160,00	12.000	15,26
3	Chile	150.490,00	13.061	11,52
4	Síria	52.702,00	7.260	7,26
5	Estados Unidos	36.405,00	2.040	17,85
6	Uruguai	22.812,00	1.898	12,02
7	Colômbia	12.738,00	400	31,85
8	Peru	9.400,00	513	18,32
9	Angola	7.883,00	641	12,30
10	Bélgica	7.607,00	301	25,27
11	Bolívia	6.922,00	342	20,24
12	Espanha	6.665,00	301	22,14
13	Japão	6.499,00	301	21,59
14	México	5.902,00	125	47,22
15	Países Baixos (Holanda)	3.500,00	100	35,00
16	Nigéria	2.995,00	3	998,33
17	Portugal	2.138,00	75	28,51
18	Líbano	900,00	240	3,75
19	Nicarágua	794,00	121	6,56
20	China	458,00	7	65,43
21	Israel	10,00	10	1,00
22	Coreia do Sul	5,00	5	1,00

23	Alemanha	3,00	1	3,00
24	Bulgária	1,00	1	1,00
25	Estônia	1,00	0	0,00
Total		997.504,00	61.835	

Fonte: Elaborado pela autora

A Tabela 24 mostra a classificação dos estados brasileiros compradores de ágar. Foi observado que 16 dos 26 estados brasileiros importaram algas. São Paulo é o maior importador do Brasil, chegando a um montante de 442.838Kg a um valor total de US\$ 11.407.797,00. A diferença de São Paulo para o segundo lugar, Goiás, é de apenas 1,7 vezes em relação ao preço e 1,1 vezes em relação ao peso líquido. O Ceará está em sétimo lugar com um peso líquido total de 8.790 Kg a um valor total de US\$ 564.658,00.

Tabela 24: Classificação dos estados brasileiros compradores de ágar no período de 1997 a 2018

Classificação	Estado	US\$ FOB	Peso líquido(Kg)	US\$/Kg
1	São Paulo	11.407.797,00	442.838	25,76
2	Goiás	6.747.081,00	388.865	17,35
3	Paraná	1.975.463,00	111.105	17,78
4	Rio de Janeiro	1.257.866,00	66.207	19,00
5	Paraíba	1.101.821,00	102.250	10,78
6	Minas Gerais	1.020.998,00	38.752	26,35
7	Ceará	564.658,00	8.790	64,24
8	Rio Grande do Sul	182.152,00	7.983	22,82
9	Santa Catarina	119.673,00	3.920	30,53
10	Não Declarado	60.226,00	2.450	24,58
11	Distrito Federal	17.338,00	30	577,93
12	Pará	799,00	2	399,50
13	Espirito Santos	723,00	5	144,60
14	Amazona	493,00	3	164,33
15	Alagoas	426,00	4	106,50
16	Pernambuco	359,00	9	39,89
Total		24.457.873,00	1.173.213	

Fonte: Elaborado pela autora

A classificação dos estados brasileiros que mais vendem ágar nos últimos 20 anos está mostrada na Tabela 25. Foi possível observar que apenas 10 dos 26 estados brasileiros exportaram ágar. A Paraíba foi o maior exportador do Brasil, chegando a um montante de 59.129Kg a um valor total de US\$ 944.936,00. A paraíba vendeu 30 vezes a mais que São Paulo que está em segundo lugar. O Ceará aparece em terceiro lugar com

apenas 200 Kg de ágar vendido com uma arrecadação total de US\$ 7.518,00. Sai como consumo de bordo o total de 517 Kg ao valor total de US\$ 3.893,00.

Tabela 25: Classificação dos estados brasileiros vendedores de ágar no período de 1997 a 2018

Classificação	Estado	US\$ FOB	Peso líquido(Kg)	US\$/Kg
1	Paraíba	944.936	59.129	15,98
2	São Paulo	33.950	1.629	20,84
3	Ceará	7.518	200	37,59
4	Distrito Federal	2.995	3	998,33
5	Rio de Janeiro	2.090	128	16,33
6	Espirito Santo	1.270	192	6,61
7	Mato Grosso do Sul	742	34	21,82
8	Rondônia	70	2	35,00
9	Amazonas	40	1	40,00
	Total	997.504,00	61.835	

Fonte: Elaborado pela autora

Já em relação as vias de acesso do ágar importado pelo Brasil (Tabela 26), o meio rodoviário é destaque. Isso se deve principalmente ao fato de que o maior fornecedor do produto é o Chile, país que está localizado no mesmo continente que o Brasil.

Tabela 26: Vias de acesso no Brasil do ágar importado de 1997 a 2018.

Classificação	Via	US\$ FOB	Peso líquido(Kg)	US\$/Kg
1	Rodoviária	9.707.514,00	489.900	19,82
2	Marítima	8.444.130,00	408.863	20,65
3	Aérea	6.304.019,00	274.442	22,97
4	Postal	2.210,00	8	276,25
	Total	24.457.873,00	1.173.213	

Fonte: Elaborado pela autora

Já as vias de escoamento do ágar no Brasil estão mostradas na Tabela 27. Onde a via rodoviária também é a mais usada devido aos três maiores compradores de ágar estão no mesmo continente do Brasil e dois dos três fazem fronteira com o nosso país.

Tabela 27: Vias de escoamento do Brasil do ágar de 1997 a 2018.

Classificação	Via	US\$ FOB	Peso líquido(Kg)	US\$/kg
1	Rodoviária	\$504.476	23.989	\$21,03
2	Aérea	\$265.059	20.794	\$12,75

3	Marítima	\$219.571	16.745	\$13,11
4	Ferroviária	\$4.040	200	\$20,20
5	Postal	\$4.018	100	\$40,18
6	Meios próprios	\$340	7	\$48,57
	Total	\$997.504,00	61.835	

Fonte: Elaborado pela autora

Diante do que foi exposto vale discutir que a grande maioria dos principais países que fornecem tanto alga quanto ágar estão localizados no continente asiático. Alguns desses países têm como base alimentar a alga e seus derivados como o ágar, por isso investem no cultivo e produção. Já em relação a exportação, os países que mais compram alga do Brasil são aqueles que tem capacidade de processamento desse material ou que suprem o seu mercado com a mesma.

Em relação aos estados brasileiros, São Paulo é o importador mais importante pelo motivo já explicado no presente trabalho. Devido as maiores industrias estarem localizadas no eixo Sul-Sudeste os estados dessas regiões aparecem em maioria nas listas de importação. Mas no caso das exportações é diferente, a Paraíba lidera as exportações tanto de alga quanto de ágar. Isso se deve a uma única empresa, a AgarGel, empresa fundada em 1978 com o intuito de exportar alga e seus derivados para suprir as necessidades das industrias japonesas. O Nordeste apresenta esse grande potencial de produção de algas devido as características ambientais. O litoral nordestino apresenta baixa variação de temperatura durante o ano, águas quentes e ventos constantes, além de períodos de chuva bem determinados. Já no Ceará, cultivos experimentais com as algas *Solieria filiformes* e *Gracilaria birdiae* vem sendo realizados pelo Laboratório de Carboidrato e Lectinas (Carbolec) e o Laboratório de Biotecnologia de Algas e Bioprocessos (BioAP) em parceria com a Associação de Produtores de Algas de Flexeiras de Guajiru (APAFG) que demonstraram uma taxa de crescimento diário das algas de até 5,1% (ALVES, 2016). Isso pode ser um potencial para modificar o quadro apresentado pelo estado nos últimos anos. O Ceará representa 15,50% do peso liquido vendido pela Paraíba e 12,33% vendidos pelo Brasil. Já em relação ao valor vendido o estado representa 13,36% do montante acumulado pela Paraíba e 13,45% acumulado pelo Brasil. Infelizmente esses valores são referentes a 1997-2011, nos últimos 7 anos o Ceará não aparece dentre os estados vendedores de alga.

5.2.Extração de R-Ficoeritrina de *Gracilaria birdiae*

Os parâmetros referentes ao processo de extração aquosa da R-FE de *G. birdiae* estão mostrados na Tabela 28.

Tabela 28: Parâmetros de extração de R-FE obtidos no EBGb de *Gracilaria birdiae* úmida.

Parâmetro	Média ± DP
Volume do Extrato (mL)	272,6 ± 16,592
Peso do extrato (g)	261,702 ± 15,465
Peso do Resíduo (g)	101,8 ± 1,788
Concentração de R-FE (mg/mL)	0,057 ± 0,010
Rendimento de R-FE (mg/g)	0,154 ± 0,022
Índice de Pureza	0,304 ± 0,046

Fonte: Elaborado pela autora

Foi observado que houve a perda do volume recuperado de por volta de 27,4 mL que pode ser resultado de evaporação e/ou absorção do tampão pela alga ou perda nas etapas de filtração. Isso resultou no menor volume do filtrado quando comparado ao volume inicial do tampão e desvio padrão de aproximadamente 16,0 mL, para mais ou para menos, no volume do filtrado e desvio de aproximadamente 15 g no peso do extrato. Também a diferença entre o peso inicial da amostra e o peso final do resíduo não foi significativa, uma vez que todas as amostras tinham um peso inicial de 100 g e no final os resíduos úmidos pesaram em média 101,8 g o que comprova que houve uma pequena absorção de tampão pela amostra. Pequenas diferenças também foram notadas na concentração de R-FE e no índice de pureza.

Baghel *et al.* (2014) estudou a extração de R-Ficoeritrina de onze espécies de *Gracilarias* provenientes da Índia e obteve uma variação de rendimento de 0,193 – 0,752 mg/g. Em 2015 Sudhakra *et al.* obteve um rendimento de 0,30 mg/g de pigmento a partir de *Gracilaria crassa*. A extração do pigmento de *Solieria filiformis*, realizada por Brito (2017), apresentou um rendimento de R-FE de 0,162mg/g. Já Bastos-Filho (2016) extraíndo a R-FE da mesma macroalga mostrou um rendimento de inferior de 0,031 mg/g de alga úmida. Com isso o valor médio de 0,154mg/g ± 0,022mg/g obtido da extração de R-FE a partir de *G. birdiae* está entre 20 – 80% a menos que as outras espécies de

Gracilarias. No entanto o valor médio corrobora ou é superior aos valores apresentados por extração do pigmento a partir da alga *Solieria filiformis* relatados na literatura.

Em relação ao índice de pureza da R-FE contida no EBGb, foi observado um valor médio de $0,304 \pm 0,046$. Sudhakra *et al.* (2015) obteve um índice e pureza de 0,27 em extração a partir de *G.crassa*. Em seus estudos sobre extração de pigmento da macroalga vermelha *S.filiformis*, Brito (2017) obteve o valor referente ao índice igual a 0,46.

Um ponto importante a ser mencionado é o aspecto visual do resíduo gerado pela extração de R-FE da macroalga *G. birdiae*. Como pode ser observado na Figura 5, o resíduo ainda possui uma coloração vermelha o que indica a presença remanescente de pigmento nas células superficiais da macroalga. Um método que pode ser usado para melhorar o rendimento desse pigmento é o uso de enzimas agarolítica para o rompimento do ágar da região superficial da alga onde se encontra o pigmento.

Figura 5: Resíduo algáceo e extratos líquidos da extração de R-ficoeritrina da macroalga vermelha *G. birdiae*.



Legenda: 1- Resíduo da extração de R-Ficoeritrina; 2- Extrato bruto líquido; 3- Extrato centrifugado líquido. **Fonte:** Elaborado pela autora

5.3.Extração de ágar a partir do resíduo da extração de R-Ficoeritrina

A tabela 29 indica os rendimentos das 5 extrações realizadas. O trabalho apresentou uma variação de 15 – 49% (Massa seca de ágar/Massa seca do resíduo). Uma média e desvio padrão de $16\% \pm 14\%$.

Tabela 29: Rendimento de ágar

Amostra	A1	A2	A3	A4	A5
Rendimento	15%	49%	30%	19%	20%
				Média	26%
				Desvio	14%

Fonte: Elaborado pela autora

Wang *et al.* (2017) mostrou variação de porcentagem de ágar em espécies de *Gracilaria* foi de 13,1 - 26,7% (Massa seca de ágar/Massa seca do resíduo). Já Lee *et al.* (2016) mostrou uma variação de 13,63 – 28,37% em três espécies de *Gracilaria* coletadas em diferentes localidades da Malásia. Em 2015 na Índia, Baghel *et al* através de um processo de biorrefinaria conseguiu extrair de *G.dura* 23,24% de ágar. Alves (2016) usou *G.birdiae* coletadas na mesma localidade apresentada por esse trabalho e obteve a variação de 14,34 – 15,23% de ágar extraído. Entretanto Alves usou a metodologia do tratamento álcali de 0,6% de NaOH e a extração em autoclave à 110 °C por 1 hora. As amostras A1, A5 e A5 estão dentro das porcentagens apresentadas. Já A2 e A3 estão acima do esperado.

A Tabela 30 mostra os parâmetros de extração do ágar a partir do Rp de *G.birdiae*. O ágar gelificado, obtido logo após a etapa final de filtração apresentou peso médio de $116,45 \pm 41,20$ g e logo após o descongelamento e descarte da água o peso reduziu para $11,82 \pm 8,25$ g. Essa diferença se dá pela forte sinérese apresentada pelo ágar, cuja característica é utilizada como método de concentração e portanto diminuição do tempo de secagem do polissacarídeo. Após o descongelamento o ágar perdeu em média 104,63 g de água e após a secagem perdeu em média 9,48 g, totalizando 114,11 g.

Tabela 30: Parâmetros de perda de água do ágar.

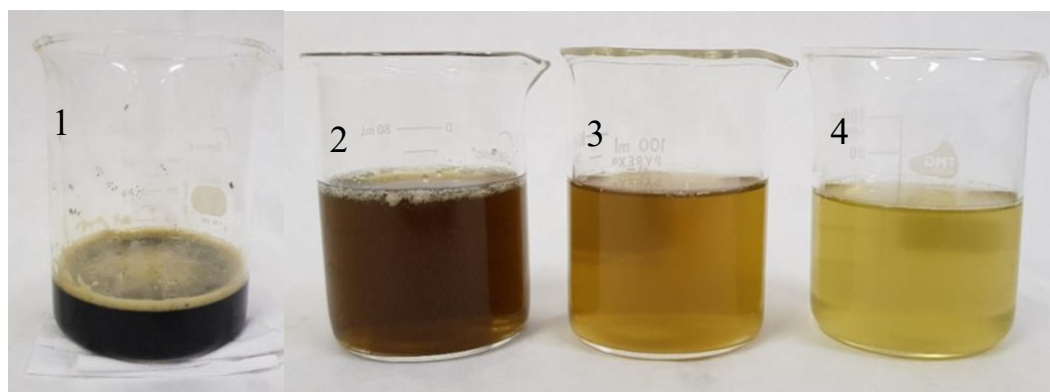
Parâmetro	Média ± DP
Ágar gelificado (g)	$116,45 \pm 41,20$

Ágar descongelado (g)	11,82 ± 8,25
Água após descongelamento (g)	104,63 ± 36,06
Ágar Seco (g)	2,33 ± 1,29
Água após secagem (g)	9,48 ± 6,98
Perda de água total (g)	114,11 ± 40,31

Fonte: Elaborado pela autora

Durante o processo de extração do ágar de *G. birdiae*, foram realizadas algumas observações. A primeira observação a ser feita é sobre o tratamento do Rp, cujos resíduos líquidos das lavagens apresentaram tonalidades de cor variando de verde escuro até o verde claro (Figura 6), bem como aspecto visual viscoso decrescente, o que pode indicar fatores negativos e positivos. O fator negativo seria no rendimento da extração do ágar, uma vez que o aspecto viscoso do líquido pode ser atribuído à presença indesejada do ágar nas etapas de lavagem do Rp. Já o aspecto positivo se dá pela despigmentação do Rp por meio das lavagens, contribuindo para a clarificação do produto final (ágar). Vale ressaltar que o tratamento alcalino poderia ser mais drástico ou demandar mais água e/ou etapas de lavagem caso a extração partisse da alga íntegra.

Figura 6: Resíduos líquidos obtidos durante as etapas de lavagem após o tratamento alcalino do Rp de *G. birdiae*.



Legenda: 1- Resíduo líquido do tratamento alcalino; 2- Água da primeira lavagem pós tratamento alcalino; 3- Água da segunda lavagem do tratamento alcalino; 4- Água da terceira lavagem do tratamento alcalino

Fonte: Elaborado pela autora

O segundo ponto é a leve pigmentação do Rp após as lavagens do tratamento alcalino. O Rp mostra uma tonalidade esverdeada bem diferente do apresentado na Figura

7, o qual era avermelhado. Também é possível observar o aspecto translúcido do Rp após o tratamento alcalino, como mostrado na Figura 4.

Figura 7: Aspecto visual do Rp após tratamento alcalino.



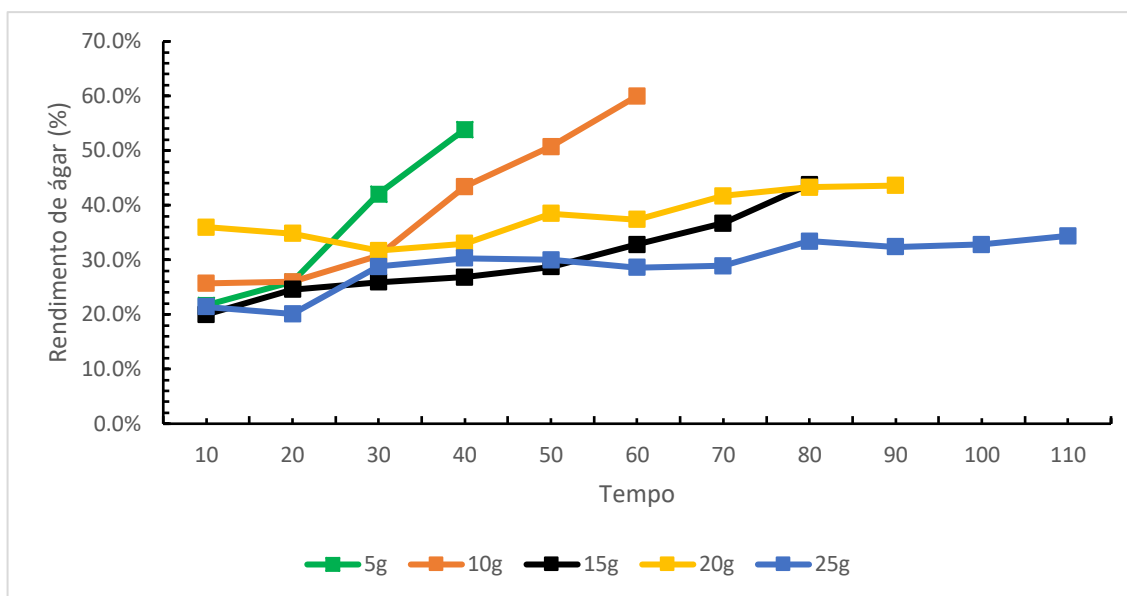
Fonte: Tirada pela autora

5.4.Otimização da extração de ágar a partir do resíduo da extração de R-Ficoeritrina

A otimização foi proposta porque a referência de metodologia apenas usar a massa de 20g e após algumas tentativas anteriores com outras massas ocorrer perca do material ou está abaixo do rendimento esperado

O gráfico 10 representa as curvas de extração de ágar a partir de 5 g, 10 g, 15 g, 20 g, e 25 g de resíduo da extração de pigmento. Todas as extrações foram pausadas no momento em que o béquer apresentou indícios de queimado.

Gráfico 10: Cinética de extração de ágar a partir de 5 g, 10 g, 15 g, 20 g, e 25 g do resíduo da extração R-Ficoeritrina da macroalga vermelha *G.birdiae*



Fonte: Elaborado pela autora

A extração a partir de 5g (Curva verde) foi pausada aos 40 minutos. O ponto de maior extração foi o de 40 minutos com 53,9%, mostrando ser o melhor tempo de extração para 5g de resíduo.

A curva laranja representa a extração de ágar a partir de 10g de resíduo da extração de pigmento. A extração foi pausada aos 60 minutos. O ponto de maior extração foi o de 60 minutos com 60%, mostrando ser o melhor tempo de extração para 10g de resíduo.

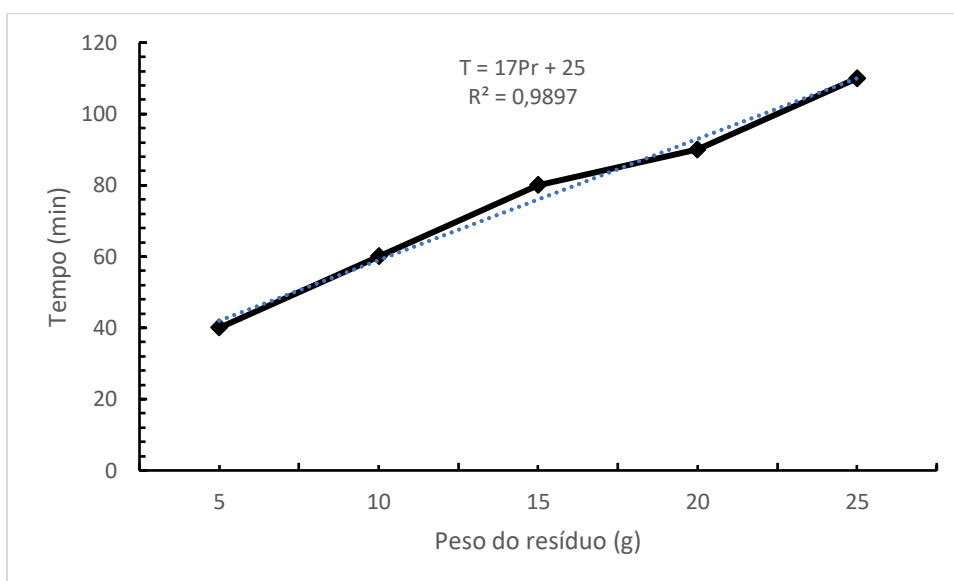
A curva preta representa a extração de ágar a partir de 15g de resíduo da extração de pigmento. Todos os pontos se mostraram bons para extração. No entanto ponto de maior extração foi o de 80 minutos com 43,8%, mostrando ser o melhor tempo de extração para 15g de resíduo

A curva amarela representa a extração de ágar a partir de 20g de resíduo da extração de pigmento. O gráfico mostrou picos que pode ser resultado falha na hora da pipetagem da amostra. O peso de 20g era o único que se tinha um tempo exato na literatura, 90 minutos, e o experimento confirmou que para a massa esse é o tempo ideal.

A curva azul representa a extração de ágar a partir de 25g de resíduo da extração de pigmento. A extração foi pausada aos 110 minutos. Apresentou como ponto ideal de extração para 25g o tempo de 110 minutos com 34,4% de rendimento

Nota-se no gráfico 11 a tendência do tempo de extração em relação a massa de resíduo. A partir da equação desse gráfico dá para saber uma prévia do tempo de extração para qualquer massa. A equação é $T = 17Pr + 25$, onde T é o tempo de extração e Pr a massa do resíduo seco

Gráfico 11: Linha de tendência do tempo de extração de ágar a partir do resíduo da extração de R-Ficoeritrina.



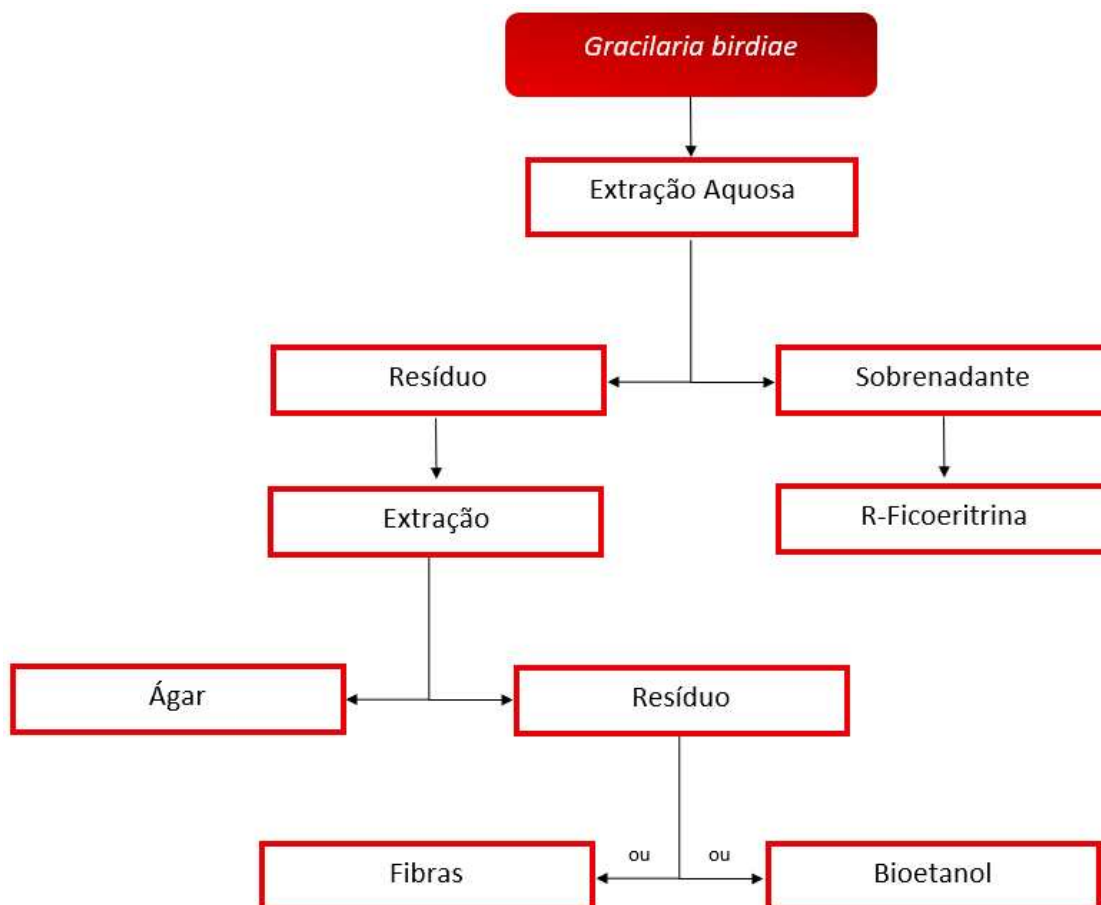
Fonte: Elaborado pela autora

Diante do exposto tanto na extração de R-Ficoeritrina quanto na extração de ágar vale afirmar que a implantação de uma biorrefinaria a partir da biomassa da macroalga *Gracilaria birdiae* é possível. A figura 8 mostra a sugestão de uma biorrefinaria a partir da macroalga vermelha *G.birdiae*.

Entretanto ainda se faz necessário de um estudo mais avançado em relação a metodologia para uma extração maior de pigmento, uma melhor análise da equação para extração de ágar, a análise dos resíduos gerados e a definição dos passos seguintes a extração de ágar. Também é necessário o investimento no desenvolvimento do cultivo da alga *Gracilaria*

birdiae para não causar impactos ambientais e ter uma grande produção que supra a biorrefinaria

Figura 8: Esquema de biorrefinaria tendo como biomassa a macroalga vermelha *Gracilaria birdiae*



Fonte: Elaborado pela autora

6. Conclusão

O Brasil apresentou uma importação crescente e superior à exportação em 50% em relação a algas e 85% ao ágar, ao longo dos últimos 20 anos. Os estados do Sudeste são os maiores importadores, principalmente São Paulo, e os do Nordeste são os maiores exportadores, principalmente a Paraíba. O Ceará apresenta um grande potencial para produção e exportação desses produtos. No entanto carece de políticas que promovam o desenvolvimento da algicultura no estado. Além disso, foi possível estabelecer um processo integrado de extração do ágar e do pigmento vermelho (R-ficoeritrina) da macroalga cultivada no litoral cearense *Gracilaria birdiae*, em sistema de biorrefinaria sem prejuízo dos rendimentos de ambos os produtos de elevada importância comercial.

7. Referências

- ABDEL-RAOUF, N., AL-HOMAIDAN, A. A., IBRAHEEM, I. B. M., **Agricultural importance of algae**. Afr. J. Biotechnol. 11, 11648-11658, 2012.
- ALBA, K.; KONTOGIORGOS, V.; KINGDOM, U. **Seaweed Polysaccharides (Agar , Alginate Carrageenan)**. [s.l.] Elsevier, 2018.
- ALMEIDA, C. L. F. et al. **Bioactivities from marine algae of the genus Gracilaria**. International Journal of Molecular Sciences, v. 12, n. 7, p. 4550–4573, 2011.
- ALVES, Antônio Willame da Silva. **Técnicas de maricultura da macroalga vermelha *Gracilaria birdiae* na praia de Flecheiras, Trairir/CE: Efeito de parâmetros ambientais e climáticos sobre a produção de biomassa e extração de ágar**. Fortaleza, Ce: Universidade Federal do Ceará, 2016. Disponível em: < <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/22591> >. Acesso em: 8 jun 2018.
- BAGHEL, R. S.; REDDY, C.R.K.; JAH, B. **Characterization of agarophytic seaweeds from the biorefinery context**. Bioresource Technology, v. 159, p. 280-285, 2014.
- BAGHEL, R. S.; TRIVEDI, N.; GUPTA, V.; NEORI, A.; REDDY, C. R. K.; LALI, A.; JHA, B. **Biorefining of marine macroalgal biomass for production of biofuel and commodity chemicals**. The Royal Society of Chemistry, v. 17, p. 2436-2443, 2015.
- BALINA, K.; ROMAGNOLI, F.; BLUMBERGA, D. **Seaweed biorefinery concept for sustainable use of marine resources**. Energy Procedia, v. 128, p. 504–511, 2017.
- BARSANTI, L.; GUALTIERI, P. **Algae: Anatomy, Biochemistry and Biotechnology**. Boca Raton, Florida: Taylor & Francis, 2006.
- BEZERRA, A. F.; MARINHO-SORIANO, E. **Cultivation of the red seaweed *Gracilaria birdiae* (Gracilariales, Rhodophyta) in tropical waters of northeast Brazil**. Biomass and Bioenergy, v. 34, n. 12, p. 1813–1817, 2010.
- BOEOWITZKA, M. A. **High-value products from microalgae – their development and commercialisation**. Journal of Applied Phycology, v.25, n.3, p. 743-756, 2013.

BOLD, H. C.; WYNNE, M. J. **Introduction to the Algae**, p. 21, 23 39, 1975.

BONANNO, G.; ORLANDO-BONACA, M. Chemical elements in Mediterranean

BRASIL. **RESOLUÇÃO CAMEX N 123 DE 30/12/2015**. Seção I, Capítulo 12, Nota 5. Disponível em: <

<http://www5.sefaz.mt.gov.br/documents/6071037/6401784/Tabela+NCM+->

[+MDIC+atualizada.pdf/bc780e4b-fd2f-4312-879c-65d5fd1ff49d](http://www5.sefaz.mt.gov.br/documents/6071037/6401784/Tabela+NCM+-+MDIC+atualizada.pdf/bc780e4b-fd2f-4312-879c-65d5fd1ff49d)>. Acesso em: 11 jun 2018.

CHALOUB, R. M.; MOTTA, N. M. S.; DE ARAUJO, S. P.; DE AGUIAR, P. F.; DA SILVA, A. F. **Combined effects of irradiance, temperature and nitrate concentration on phycoerutrin content in the microalga *Rhodomonas sp.* (Cryptophyceae)**. *Algal Research*, v. 8, p. 89-94, 2015.

CHEN, H. R.; YANG, T. S.; CHEN, M. J.; CHANG, Y. C.; WANG, E. I. C.; HO, C. L.; LAI, Y. J.; YU, C. C.; CHOU, J. C.; CHAO, L. K. P.; LIAO, P. C. **Purification and immunomodulation activity of C-phycoerythrin from *Spirulina platensis* culture using power plant flue gas**. *Process Biochemistry*. V. 49, n. 8, p. 1337-1344, 2014.

DAHMS, H. U.; DOBRETSOV, S. **Antifouling Compounds from Marine Macroalgae**. *Mar. Drug.*, v.15, p. 265, 2017.

DE CARVALHO, L. R.; ROQUE, N. F. **Fenóis halogenados e/ou sulfatados de macroalgas marinhas**. *Química Nova*, v. 23, p. 757-764, 2000.

DOWNHAM, A.; COLLINS, P. **Colouring our foods in the last and next millennium**. p. 5-22, 2000.

EL GAMAL, A. A. **Biological importance of marine algae**. *Saudi Phar. J.*, v. 18, p. 1-25, 2010.

EL GAMAL, A. A., **Biological importance of marine algae**. In: Kim, S. K. (Ed.), *Handbook of Marine Macroalgae: Biotechnology and Applied Phycology*. John Wiley & Sons, p. 567, 2012.

EVANS, F.D., CRITCHLEY, A. T., **Seaweed for animal production use**. J. Appl. Phycol. 26,891-899, 2014.

FAO, 2018. **FAO AQUACULTURE NEWSLETTER**. Disponível em: <<http://www.fao.org/publications/card/en/c/I9200EN>>. Acesso em 8 jun 2018

GAO, Y.; PALLISTER, J.; LAPIERRE, F.; CRAMERI, G.; WANG, L. F.; ZHU, Y. **A rapid assay for Hendra virus IgG antibody detection and its titre estimation using magnetic nanoparticles and phycoerythrin**. Journal of Virological Methods, v. 222, p. 170-177, 2015.

GLAZER, A. N. **Light guides. Directional energy transfer in a photosynthetic antenna**. Journal of Biological Chemistry. V. 264, n. 1, p. 1-4, 1989.

GOMES, D. S.; ESMERALDO, G. G. S. L. **Sustentabilidade e territorialidade: Fios que tecem a luta e a resistência das mulheres camponesas**. Sustentabilidade em Debate, Brasília, p. 18–35, 2014.

GRAHAM, L. E.; GRAHAM, J. M.; WILCOX, L. W. *Algae*. 2. Ed. San Francisco (California, Estados Unidos): Pearson/Benjamin Cummings, 2006.

GUIRY, M. D. **How many species of algae are there?** Journal Phycology, v. 48, p. 1057– 1063, 2012.

HAL, J. W. VAN; HUIJGEN, W. J. J.; LO, A. M. **Opportunities and challenges for seaweed in the biobased economy**. v. 32, n. 5, p. 231–233, 2014.

HAMERSKI, L.; REZENDE, M. J. C.; SILVA, B. V. **Usando as cores da natureza para atender aos desejos do consumidor: substâncias naturais como corantes na indústria alimentícia**. Revista Virtual de Química, v. 5, n. 3, p. 394–420, 2013.

JARRO. **Agar ou agar-agar, o mais antigo ficocoloide**. *ADITIVOS & INGREDIENTES*. 2010.

KADAM, S. U.; ÁLVAREZ, C.; TIWARI, B. L.; O'DONNELL, C. P. **Chapter 9 – Extration of biomoleculares from seaweed**. In: TIWARI, B. K.; TROY, D. J. (Eds.). *Seaweed Sustainability*. San Diego: Academic Press, p. 243-269, 2015.

KHALIL, H. P. S. A. et al. **A review of extractions of seaweed hydrocolloids: Properties and applications.** v. 12, n. 4, p. 296–317, 2018.

LEE, W. -K.; LIM, P. -E.; PHANG, S. -M.; NAMASIVAYAM, P.; HO, C. -L. **Agar properties of *Gracilaria species* (Gracilariaceae, Rhodophyta) collected from different natural habitats in Malaysia.** Regional Studies in Marine Science. v. 7, p. 123-128, 2016.

LIMA-HOLANDA, Ticiana de Brito. **Obtenção de Biomassa da Macroalga Agarófito *Gracilaria birdiae* (Plastino & Oliveira) Através da Germinação de Esporos em Condições de Laboratório.** Fortaleza, Ce: Universidade Federal do Ceará, 2016. Disponível em: < <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/30097>>. Acesso em: 8 jun 2018.

LOPES, P. H. M. **Estudos de cultura de tecidos, in vitro, de macroalgas marinhas da especie *Gracilaria birdie*.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Pesca) - Departamento de Engenharia de Pesca, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

MABEAU, S. FLEURENCE, J. **Seaweed in food products: Biochemical and nutritional aspects.** Trends in Food Science and Technology. 4, 103–107, 1993.

MANTRI, V. A. et al. **The carpospore culture of industrially important red alga *Gracilaria dura* (Gracilariales, Rhodophyta).** Aquaculture, v. 297, n. 1–4, p. 85–90, 2009.

MARINHO-SORIANO. **Effects of season on the yield and quality of agar from *Gracilaria species* (Gracilariaceae, Rhodophyta).** v. 90, p. 329–333, 2003.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica de Lehninger.** 6. E. Porto Alegre: Artmed, 2014.

NISHINARI, K.; FANG, Y. **Relation between structure and rheological / thermal properties of agar. A mini-review on the effect of alkali treatment and the role of.** Food Structure, v. 13, p. 24–34, 2017.

OLIVEIRA, E. M. et al. Effects of UV-B radiation on germlings of the red macroalga *Nemalion helminthoides* (Rhodophyta). *Journal of Microscopy and Ultrastructure*, v. 4, n. 2, p. 85–94, 2015.

PALIWAL, C.; BHAYANNI, K. MAURYA, R.; MISHRA, S. Antioxidant, anti-nephrolithe activities and in vitro digestibility studies of the three different cyanobacterial pigment extracts. *Marine Drugs*, p. 5384-5401, 2015.

PAN, Q.; CHEN, M.; LI, J.; WU, Y.; ZHEN, C.; LIANG, B. Antitumor function and mechanism of phycoerytrin from *Porphyta haitanesis*. *Biological research*, v. 46, n. 1, p. 87-95, 2013.

PLASTINO, E. M.; OLIVEIRA, E. C. *Gracilaria birdiae* (Gracilariales, Rhodophyta), A new species from the tropical South American Atlantic with a terete frond and deep spermatangial conceptacles. *Phycologia*, v. 41, n. 4, p. 389–396, 2002.

RAVEN, J.A.; GIORDANO, M. *Algae*. *Curr. Biol.*, v. 24, R590, 2014.

REVIERS, B. *Biologia e filogenia das algas*. Porto Alegre: Artmed, 2006.

RUPÉREZ, P. Mineral content of edible marine seaweeds. *Food Chemistry*. 79, 23–26. 2002.

SUDHAKAR, M. P.; JAGATHEESAN, A.; PERUMAL, K.; ARUNLUMAR. K. Methods of phycobiliprotein extraction from *Gracilaria crassa* and its applications in food colourants. *Algal Research*, v. 8, p.115-120, 2015.

SUM, L.; WANG, S.; CHEN, L.; GONG, X. Promising fluorescent probes from phycobiliproteins. *IEEE Journal on Selected Topics in Quantum Electronics*, v.9, n. 8, p. 177-188, 2003.

THANGRAM, R.; SUNDARRAJ, S.; VIVIEK, R.; SURESH, V.; SILVASUBRAMANIAN, S.; PAUPANDI, M.; KARTHICK, S. V.; RAGAVI, A. S.; KANNAN, S. Therenostic potentials of multifunctional chitosan-silver-phycoerytrin nanocomposites against triple negative breast cancer cells. *RDC Adv.*, v. 5, n.16, p. 1209-12223, 2015.

TORRES, F. A. E. *et al.* **New drugs with antiprotozoal activity from marine algae: a review.** *Rev. Bras. Farmacogn.*, v. 24, p. 265-276, 2014.

WANG, L. *et al.* **Food Hydrocolloids Impact of alkali pretreatment on yield, physico-chemical and gelling properties of high quality agar from *Gracilaria tenuistipitata*.** *Food hydrocolloids*, v. 70, p. 356–362, 2017.