



Inventario justificado das espécies de algas marinhas e moluscos de maior interesse e risco de contaminação por metais (Hg, Cd, Pb, Zn e Cu) no Estado do Ceará.

Coordenador: João Felipe Nogueira Matias
Pesquisadores: César Augusto Barrios Rodriguez
Victória Emily Rodrigues Sousa
Luiz Drude de Lacerda



Fortaleza, Março de 2024



FUNDAÇÃO CEARENSE DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO
PROGRAMA CIENTISTA CHEFE
PESCA & AQUACULTURA

Instituição Executora:	Universidade Federal do Ceará – Instituto de Ciências do Mar
Título do Projeto:	Promovendo sustentabilidade alimentar e energética da Aquacultura através da modulação de impactos no ciclo do carbono e da qualidade de seus produtos no estado do Ceará
Grande Área:	Pesca & Aquacultura
Área:	Segurança Alimentar
Subárea:	Contaminação dos produtos da pesca e aquacultura
Coordenador Geral:	João Felipe Nogueira Matias
Pesquisadores Principais:	César Augusto Barrios Rodriguez Victória Emily Rodrigues Souza Luiz Drude de Lacerda

Apresentação do Projeto:

O Brasil, apesar de sua extensa faixa costeira, ainda não é um grande destaque no cenário mundial na produção de moluscos e algas marinhas. Na América Latina já é um dos maiores produtores, e mostra um grande potencial para expansão da exploração destes recursos. No Ceará, algas e moluscos são componentes importantes da dieta e fonte de renda da população costeira. Portanto, é necessário evitar risco à saúde pública e a segurança alimentar advindo do eventual consumo de organismos de baixa qualidade ou contaminados. A contaminação de produtos da pesca e aquacultura é um dos grandes problemas enfrentados por todos os países que desenvolvem este tipo de atividade, principalmente se consideramos que estas atividades são realizadas em regiões impactadas de forma direta ou indireta pela deposição de metais tóxicos como o mercúrio (Hg), chumbo (Pb), zinco (Zn), cádmio (Cd) entre outros. Para o pleno uso deste recurso biológico renovável é necessário avaliar e fornecer, de forma permanente, dados que permitam autoridades sanitárias estabelecer recomendações e estabelecer restrições de consumo e uso (inclusive no caso do uso farmacêutico de alguns desses organismos) para aqueles produtos que não se enquadrem aos níveis de segurança alimentar e riscos de exposição. Este projeto pretende fornecer dados importantes sobre os níveis de metais (Hg, Pb, Cd, Zn e Cu) nas principais espécies de moluscos e algas marinhas utilizados no estado do Ceará para o consumo humano, e como matéria prima para a elaboração de outros produtos alimentícios e farmacêuticos, e prover recomendações e ações mitigadoras aplicáveis.

SUMARIO

1. INTRODUÇÃO.....	5
1.1 Setor produtivo de algas no Brasil.....	5
1.2 Uso de algas marinhas.....	7
1.3 Uso das algas na indústria alimentar.....	7
1.4 Segurança alimentar e contaminação por metais em algas marinhas	8
1.5 Setor produtivo de moluscos no Brasil.....	11
1.6 Segurança alimentar e contaminação por metais em moluscos no Brasil	12
2. Critérios para a definição das espécies de interesse.....	14
3. Inventário das espécies de algas marinhas e moluscos utilizados para o consumo humano no estado do Ceará.....	14
4. Concentrações de metais observadas em algas e moluscos na região costeira do estado do Ceará	19
5. REFERÊNCIAS	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Exemplos de bioativos em diferentes grupos de algas marinhas (pardas, vermelhas e verdes) e suas aplicações.....	8
Tabela 2 – Limites estabelecidos pela União Europeia, França, e Taiwan para a contaminação por Cd, Pb, Hg e As em algas marinhas.....	10
Tabela 3 – Produção declarada (t) de moluscos por Unidade Federativa (UF), referente ao ano 2022.....	11
Tabela 4 – Limites estabelecidos pelo Mercosul, União Europeia, Austrália, e a FAO para a concentrações de Cd, Pb, Hg, As, Zn e Cu em moluscos bivalves.....	13
Tabela 5 – Concentração de metais em peso úmido de moluscos nos estuários dos rios Ceará, Cocó, Pacoti e Jaguaribe.....	20
Tabela 6 – Concentrações de Hg, Cu, Zn e Pb em algas marinhas da região costeira do Ceará.....	21

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Relatório anual de produção 2022 enviado por empreendimento aquícolas destinados à algicultura, classificados de acordo com a Unidade Federativa (UF) de localização. Dados do Boletim de Aquicultura em águas da União (Os dados são mostrados em porcentagem)	6
Figura 2 – <i>Gracilaria birdiae</i>	14
Figura 3 – <i>Gracilaria cervicornis</i>	15
Figura 4 – <i>Hypnea musciformis</i>	15
Figura 5 – <i>Hypnea pseudomusciformis</i>	16
Figura 6 – <i>Crassostrea rhizophorae</i> . Fonte: Museu Nacional	16
Figura 7 – <i>Anomalocardia brasiliensis</i> . Fonte: Museu Nacional	17
Figura 8 – <i>Tagelus plebeius</i> Fonte: Museu Nacional	17
Figura 9 – <i>Iphigenia brasiliensis</i> Fonte: Museu Nacional	18

1. INTRODUÇÃO

1.1 Setor produtivo de algas no Brasil

Dados de produção mundial de organismos aquáticos mostram crescimento no ano 2020 comparados com anos anteriores, alcançando um volume de 122,6 milhões de toneladas produzidas. Entre esses, 37,5 milhões de toneladas de peixes, crustáceos e moluscos para consumo humano, e 700 toneladas de conchas e perolas para uso ornamental. Além disso, 35,1 milhões de toneladas de algas são produzidas para uso alimentar e não alimentar de acordo com dados publicados pela organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura – FAO (FAO & WHO, 2022).

A produção de algas tem experimentado um impressionante crescimento nas últimas décadas, passando de 12 milhões no ano 2000 a 21 milhões de toneladas em 2010. Contudo, no ano 2020 ocorreu um aumento de apenas 2% comparado ao ano 2019. Em 2019, apenas cinco gêneros representavam mais de 95% da produção de algas marinhas cultivadas. Estes foram *Laminaria/Saccharina* (35,4%); *Kappaphycus/Eucheuma* (33,5%); *Gracilaria* (10,5%); *Porphyra/Pyropia* (8,6%); e *Undaria* (7,4%) (FAO & WHO, 2021). Os países asiáticos foram os principais produtores contribuindo com 97 % da produção total. A China é o principal produtor representando 58% do total em 2020, seguida por Indonésia com 27% e República da Coreia com 5%. Há pouca exploração de algas marinhas como alimento nos demais países, incluindo o Brasil (FAO & WHO, 2022).

A indústria latino-americana de algas marinhas desempenha um papel importante em escala global já que 17% de todas as algas marinhas e 37% das algas vermelhas para a indústria de ficocolóides são produzidas nesta região. No Brasil o cultivo de algas ou algicultura tem aumentado gradualmente, contudo os valores de produção são inferiores aos reportados para países como Chile, Perú, Canadá, México e Estados Unidos (FAO & WHO, 2022). Algumas das espécies de algas que estão sendo exploradas no Brasil comercialmente são *Gracilaria birdiae*, *Hypnea musciformis* e *Kappaphycus alvarezii*, com destaque para esta última, pelo seu potencial de reprodução vegetativa, a sua taxa de crescimento e pela possibilidade de utilização da porção sólida para extração de carragenina e do extrato líquido como biofertilizantes/bioestimulantes (CARVALHO & CASTRO, 2014). A espécie *G. birdiae* que mostra uma distribuição natural ao longo da costa do estado do Ceará até o estado do Espírito Santo também tem sido explorada economicamente para a produção de agar (PLASTINO & OLIVEIRA, 2002).

Em 2022, de acordo com o boletim de aquicultura em águas da União, foram registrados um total de 17 empreendimentos dedicados ao cultivo de algas, dos quais 12 se dedicam a algicultura de forma exclusiva e cinco de empreendimentos com cultivos multitróficos (algas e moluscos). Somadas, essas áreas ocupam 56 hectares e uma capacidade de produção de até 13.655 toneladas por ano. As áreas se concentram nos estados de Santa Catarina com 9 empreendimentos, seguido por Rio de Janeiro com 4 empreendimentos; Ceará, Espírito Santo, Rio Grande do Norte e São Paulo com 1 empreendimento em cada estado.

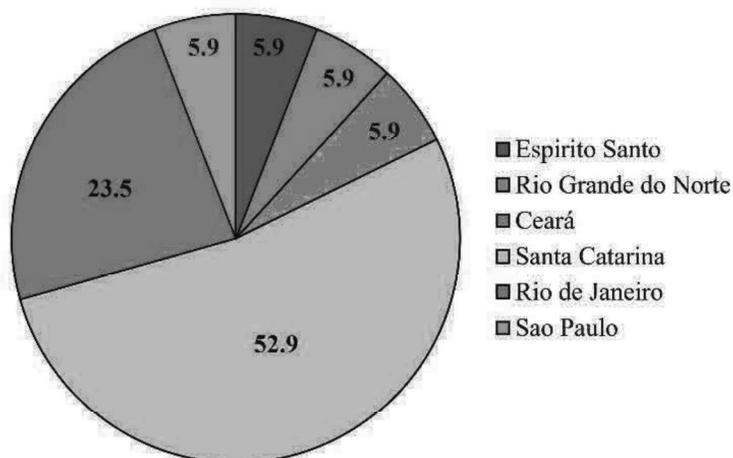


Figura 1. Relatório anual de produção para o ano de 2022 enviado por empreendimento aquícolas destinados à algicultura, classificados de acordo com a Unidade Federativa (UF) de localização. (Os dados são mostrados em porcentagem) (MPA, 2022).

A algicultura no Nordeste do Brasil tem recebido investimento da FAO, uma vez que estados como Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte apresentam as condições ideais para o cultivo de algas marinhas, especialmente algas vermelhas dos gêneros *Gracilaria* sp. e *Hypnea* sp., dois gêneros que tem mostrado potencial econômico e viabilidade para a exploração econômica (MARINHO-SORIANO, 2017). De acordo com Oliveira et al. (2002) a exploração de algas nesta região para fins comerciais vem sendo realizada desde a década de 60. Desde então, as algas exploradas são utilizadas para a exportação, como também para o processamento no Brasil, especialmente na produção de agar-agar e kappa-carragenano.

No Ceará os principais sítios de cultivo de algas são no município de Icapuí e Trairi, onde o cultivo é tradicionalmente realizado por famílias de pescadores, e principalmente pelas mulheres. Em Barrinha de Icapuí desde o ano 2001 o projeto “Mulheres de Corpo e Algas” vem aprimorando seus conhecimentos sobre o cultivo e uso das algas marinhas para a produção de diferentes tipos de produtos entre os quais podemos mencionar, shampoos, sabonetes liquidas e em barra, geleias, sorvetes, pizza, iogurte e uma infinidade de outros itens a base de algas. A comercialização dos produtos é realizada entre turistas que visitam Icapuí e alguns alimentos são vendidos a escolas do Município, desta forma consegue rendimentos de um salário-mínimo para cada integrante do projeto (DIÁRIO DO NORDESTE, 2021).

Nas comunidades de Flecheiras e Guajirú, município de Trairi, o projeto iniciou em 1997, também composto principalmente pela comunidade pesqueira da região. Em 2006 o projeto utilizou uma área de 40 hectares no litoral de Flecheiras para o cultivo, realizado em 12 estrutura de 50 metros cada, com produção de bimestral de 2.200 a 2.500 quilos de algas molhadas. Em ambas as comunidades os projetos representaram uma alternativa de geração e incremento de renda, além de ser uma atividade sustentável que minimiza a exploração dos bancos naturais de algas marinhas (DIÁRIO DO NORDESTE, 2006; MPA, 2010). No Trairi a empresa Companhia das Algas, em parceria com as comunidades dedicadas ao cultivo de algas, utilizam as algas vermelhas, pardas e verdes para a produção de insumos bioativos como Netuno Bio utilizado em fertilizantes, além do Phycos TB80

utilizado para cuidado da pele e cabelo e produzido com algas vermelhas e pardas (COMPANHIA DAS ALGAS, 2024).

1.2 Uso de algas marinhas

As algas marinhas devido a seu amplo conteúdo de compostos bioativos, bem como benefícios nutricionais, têm sido utilizadas em diferentes tipos de aplicações entre as quais podemos mencionar, na produção de alimentos, ração, medicamentos, produtos químicos, fontes de energia e materiais de construção (ZHANG et al., 2022). No mercado mundial e principalmente na área farmacêutica, as algas pardas, verdes e vermelhas são utilizadas de acordo com seus compostos constituintes (Tabela 1). As algas pardas apresentam um conteúdo de polissacáridos variando de 4 a 70% de peso seco e os principais bioativos incluem alginato, fucoidan, manitol e laminarina (GUPTA & GHANNAM, 2011; ZHANG et al., 2022). As algas vermelhas apresentam polissacáridos como a carragenina, um dos compostos mais estudados devido a suas funcionalidades biológicas, agar, proteínas, aminoácidos, esteróis, carotenoides, bromofenóis e outros compostos bioativos naturais (QIU et al., 2022; ZHANG et al., 2022). Por outro lado, as algas verdes, um dos grupos mais abundantes, contem polissacáridos, glicoproteínas, lectina, carotenoides e outros compostos bioativos (ZHANG et al., 2022; XU et al., 2023) e apresentam um alto conteúdo de nutrientes necessários a nutrição animal e humana (ZHANG et al., 2022).

1.3 Uso das algas na indústria alimentar

As macroalgas marinhas têm sido cultivadas há séculos nos países orientais, onde continuam sendo utilizadas na alimentação, fazendo parte da culinária popular em países como Japão, China e a República de Coreia (SIMÕES et al., 2016; ZHANG et al., 2022). Alimentos como “nori”, “kombu”, “wakame”, são amplamente populares nestes países. As algas marinhas apresentam um alto teor de proteínas, fibras alimentares, vitaminas, minerais e baixo teor de gordura, o que as torna um alimento natural ideal para o consumo humano (WONG & CHEUNG, 2000; XU et al., 2023).

No Brasil, as algas marinhas são utilizadas principalmente para a extração e produção de espessantes (agar e carragenina) que são empregados na indústria alimentar para a produção de gelatinas, sorvetes, geleias doces, lácteos, além de cosméticos, cremes, xampus e sabonetes líquidos. Além disso, podem ser utilizadas nas áreas não alimentícias como a farmacêutica, como laxativo, emulsificante, e estabilizante para medicamentos (MPA, 2010). No nordeste do Brasil é possível utilizar algumas espécies do gênero *Gracilaria* na alimentação humana, sendo consumidas cruas ou em sopas, geleias, doces iogurtes, flans e pudins (ARAÚJO, 2011).

Tabela 1. Exemplos de compostos bioativos em diferentes grupos de algas marinhas (pardas, vermelhas e verdes) e suas aplicações.

Algas	Bioativos	Exemplo de aplicações	Referencias
Algas pardas	Alginato, Fucoïdan, Manitol Laminarina.	Alginato: Anti-inflamatórios, antioxidantes, antiobesidade, antialérgico, imunomodulador. Fucoïdan: Potencial antioxidante, anticancerígeno e antitumoral. Laminarina: Promissor como eliminador de radicais livres, redução de edemas e danos aos tecidos relacionados com acidentes vascular cerebral. Produção de gomas de mascar, e alimentos para diabéticos. Laminarina: Atividades anticancerígeno, antioxidante, antibacteriana e imunológica.	FENG et al. (2020), YU et al. (2020); PALANISAMY et al. (2018); LEE et al. (2012).
Algas vermelhas	Carragenina Agar Lectina Ficobiliproteínas	Carragenina e o Agar: Antitumoral, antiviral e anticoagulante. Proteínas: Corantes naturais em alimentos e cosméticos, além de ter um potencial medicinal. Lectina: Anti-inflamatórios, hipoglicemiantes e antioxidantes.	GUO et al. (2019); JAZZARA et al. (2016); COTAS et al. (2020); GEETHA & TUVIKENE (2021); MESQUITA et al. (2021).
Algas verdes	Lectina, Oligossacarídeos Polissacarídeos sulfatados Glicoproteínas	Polissacarídeos sulfatados: ricos em galactose, maxilosa, arabinose, glicose e outros ácidos urônicos que apresentam atividade de anticoagulantes. Lectina: Antiviral Glicoproteínas: Imunidade antimetastático ativando células T em órgãos linfoides.	TANAKA et al. (1998); MU et al. (2017); LI et al. (2017).

Fonte: Adaptado de ZHANG et al. (2022)

1.4 Segurança alimentar e contaminação por metais em algas marinhas

Vários estudos mostram que entre os riscos de segurança alimentar das algas marinhas podem ser incluídos a presença de metais tóxicos (por exemplo, mercúrio, arsênio e cádmio), poluentes orgânicos persistentes (por exemplo, dioxinas e bifenilos policlorados), radionuclídeos e resíduos de pesticidas entre outros (VAN DER et al., 2013; FAO & WHO, 2022). No entanto, ao nível mundial existe a falta de legislação, documentos de orientação e *Codex Alimentarius* para o consumo de algas marinhas (FAO & WHO, 2022).

Metais como o mercúrio (Hg), cádmio (Cd), chumbo (Pb) e arsênio (As), são conhecidos por representar risco para a segurança alimentar em diferentes produtos do mar (por

exemplo, peixes e mariscos) (SILVA et al., 2016; DJEDJIBEGOVIC et al., 2020). Nas algas marinhas existe a preocupação sobre a concentração de metais devido ao elevado potencial de bioacumulação destes organismos para metais como Hg, Cd, e Pb. A presença destes elementos no meio marinho pode ser resultado de atividades antrópicas (atividades petrolíferas, esgoto doméstico e industrial) assim como de eventos naturais (atividades vulcânicas) (RODRIGUES et al., 2023). Por outro lado, essa característica confere a estes organismos o potencial de ser utilizados como biomonitores de poluição por metais em zonas costeiras (VASQUEZ & GUERRA, 1996; RAKIB et al., 2021).

De acordo com a FAO & WHO (2022), entre 2018 e 2020, a Autoridade Europeia para a Segurança Alimentar (EFSA) tem solicitado a seus estados membros realizar uma coleta de dados sobre a presença de As, Cd, Pb, Hg, e iodo, em algas marinhas e produtos derivados (Tabela 2), a fim de poder avaliar a contribuição das algas marinhas para a exposição de metais tóxicos. Desta forma, seria possível estabelecer os níveis máximos permitidos em algas marinhas para metais com características tóxicas, além de metais essenciais como o zinco (Zn) e cobre (Cu). Porém, o trabalho ainda requer a participação de outros países e regiões que permitam a elaboração de um *Codex Alimentarius*.

No Brasil, como na maior parte dos países, não existe um limite máximo de concentração de metais em algas marinhas utilizadas para o consumo. Alguns trabalhos utilizando as algas marinhas como biomonitores reportam as concentrações de metais como o Pb para as espécies *Gracilariopsis lemaneiformis* e *Hypnea musciformis* na região de Pernambuco, variando de 0,34 a 1,3 mg/kg em peso úmido em *G. lemaneiformis* e *H. musciformis* respectivamente, sendo a *H. musciformis* a espécie com maior concentração (CARVALHO, 2004). Macedo et al. (2009) determinou a biodisponibilidade de metais em duas áreas da zona costeira de Pernambuco utilizando as espécies *Gracilariopsis carolinensis* e *H. musciformis*. Nessas espécies, as concentrações de Pb em peso úmido variaram de 0,43 a 0,52 mg/kg em *G. carolinensis*; e de 0,82 a 1,33 mg/kg em peso úmido para *H. musciformis*, sendo novamente a que apresentou as maiores concentrações como reportado por Macedo et al. (2009). Em alguns casos, por exemplo, os valores para o Pb excedem o limite de concentração em peso úmido estabelecido pelo Taiwan para algas utilizadas na alimentação.

No Ceará existe um número limitado de publicações avaliando a ocorrência de metais em algas marinhas e principalmente aquelas utilizadas no consumo humano. Na maioria dessas publicações, a quantificação das concentrações de metais é utilizada unicamente para determinar a viabilidade do uso destes organismos como biomonitores de poluição ambiental e de mudanças exercidas pelas temporadas de chuvas e secas na disponibilidade de metais. O trabalho de Chaves (2012) reporta concentrações de As, Cd e Pb para as espécies *H. musciformis* e *Gracilaria* sp., em duas regiões do Ceará: Praia Coqueiros e Praia de Flecheiras. *Gracilaria* sp. mostrou valores de As de 0,33 mg/kg (Coqueiros) e 0,66 mg/kg (Flecheiras); para Cd as concentrações foram de 0,01 mg/kg (Coqueiros) e 0,07 mg/kg (Flecheiras); já no caso do Pb as concentrações foram de 1,25 mg/kg (Coqueiros) e 0,09 mg/kg (Flecheiras). No caso da *H. musciformis* as concentrações de As foram de 0,69 mg/kg (Coqueiros) e 1,06 mg/kg (Flecheiras); para as concentrações de Cd os valores foram de 0,03 mg/kg (Coqueiros) e 0,07 mg/kg (Flecheiras); já no caso do Pb, as concentrações foram de 0,52 mg/kg (Coqueiros) e 0,23 mg/kg (Flecheiras). Os valores reportados para metais como o As, Cd, e Pb em peso úmido em alguns casos excedem os valores estabelecidos em

países como Taiwan, contudo, no Brasil ainda é necessário de uma avaliação que abranja principalmente as áreas utilizadas para o cultivo de algas marinhas, o risco associado ao consumo, e o estabelecimento de valores limites toleráveis de metais em algas marinhas.

Tabela 2 – Limites estabelecidos pela União Europeia, França e Taiwan para a contaminação por Cd, Pb, Hg e As para algas marinhas.

Metal	Concentração Máxima (mg/kg)	Tipo de produto	Referência	País/Bloco econômico
Cádmio (Cd)				
Algas marinhas	0,5	Material seco	ANSES (2020)	França ^a
	3,0	Suplementos alimentares feitos exclusiva ou principalmente de algas marinhas	COMISSÃO EUROPEIA (No 1881/2006)	União Europeia ^a
	1,0	Produtos para a alimentação animal	COMISSÃO EUROPEIA (2002)	União Europeia ^a
	1,0	Algas marinhas e produtos	MINISTÉRIO da SAÚDE, Taiwan	Taiwan ^b
Chumbo (Pb)				
Algas marinhas	5,0	Material seco (Algas marinhas utilizadas como vegetais ou condimento)	ANSES (2020)	França ^a
	1,0	Algas marinhas e produtos	MINISTÉRIO da SAÚDE, Taiwan	Taiwan ^b
Mercúrio (Hg)				
Algas marinhas	0,1	Material seco	ANSES (2020)	França ^b
	0,1	Suplementos alimentares derivados de algas marinhas	COMISSÃO EUROPEIA 1881/2006)	União Europeia ^b
	0,5	Algas marinhas e produtos	MINISTÉRIO da SAÚDE, Taiwan	Taiwan ^b
Arsênio (As) Inorgânico				
Algas marinhas	3,0	Produtos derivados de algas marinhas	ANSES (2020)	França ^a
	1,0	Algas marinhas e produtos derivados	MINISTÉRIO da SAÚDE, Taiwan	Taiwan ^b

^a Peso seco. Material com até 12% de humidade

^b Peso úmido

1.5 Setor produtivo de moluscos no Brasil

Atualmente a aquicultura é de longe a principal fonte de moluscos, principalmente bivalves, para alimentação humana. A China é por uma margem significativa o maior fornecedor deste produto. A demanda por bivalves tem aumentado substancialmente ao longo do tempo, como consequência do aumento dos rendimentos em todo o mundo, mas também devido as características favoráveis das espécies. Além disso, a aquicultura responsável mostra um impacto ambiental positivo e de benefícios nutricionais significativos, principalmente em termos de fornecimentos de micronutrientes (FAO, 2020).

No Brasil, de acordo com o boletim de aquicultura em águas da União até dezembro de 2022 havia 468 contratos de cessão de uso destinados a malacultura ou com cultivos multitróficos (moluscos e algas). Destas, 431 enviaram seus relatórios anuais de produção e reportaram 9.327 toneladas de produção total de moluscos, o que corresponde a 18,5% do total da capacidade de produção desses empreendimentos. O estado com maior participação e destaque foi Santa Catarina, colocando o Brasil na segunda posição em produção desses organismos na América Latina e sendo responsável por 91,9% dos relatórios de produção enviados e 98% da produção nacional, seguido pelo Rio Grande do Norte com 132 toneladas produzidas (Tabela 3).

Tabela 3 – Produção declarada (t) de moluscos por Unidade Federativa (UF), referente ao ano 2022 (MPA, 2022).

UF	Contratos vigentes	RAP enviado	Taxa de entrega (%)	Produção declarada por espécie (t)				
				Mexilhão	Ostra do Pacífico	Ostra Nativa	Vieiras	Total
PE	2	0	0,00	-	-	-	-	-
PR	8	4	50,00	-	-	11,0	-	11,0
RJ	14	10	71,43	0,13	-	0,00	2,35	2,48
RN	3	3	100,00	-	-	132,0	-	132,0
SC	422	396	93,84	7.056,04	2.038,8	30,89	14,53	9.140,26
SP	19	18	94,74	40,16	-	-	-	40,16
Total	468	431	92,09	7.096,33	2.038,80	173,89	16,88	9,325,9

Fonte: Boletim de aquicultura em águas da União, MPA (2022). PE: Pernambuco, PR: Paraná, RJ: Rio de Janeiro, RN: Rio Grande do Norte, SC: Santa Catarina, SP: São Paulo.

As principais espécies de moluscos cultivados no Brasil naquele ano foram o mexilhão (*Perna perna*) com 7.096 toneladas produzidas, o que corresponde a 76,1% do volume total. Segue-se a ostra do Pacífico (*Crassostrea gigas*) com 2.039 toneladas; ostras nativas (*Crassostrea* spp.) com 174 toneladas, e vieiras (*Nodipecten nodosus*) com 17 toneladas (MPA, 2022). Outras espécies, são bastante representativas no extrativismo e apresentam uma frequência alta de capturas em áreas estuarinas e de manguezais, são elas: ostras (*Crassostrea mangle*), mexilhão (*Mytella falcata*) e vôngole (*Anomalocardia brasiliiana*). Já espécies com captura em menor escala e mais localizadas são: a tarioba (*Iphigenia brasiliensis*), o aribi (*Tagelus plebeius*) e a lambreta (*Lucina pectinata*) (SCHAEFFER-

NOVELLI, 1989; SOUTO & MARTINS, 2009). No Nordeste do Brasil, as espécies *I. brasiliensis*, *Mytella guayanensis*, *T. plebeius*, *C. rhizophorae* e *A. brasiliana* são exploradas principalmente por populações ribeirinhas de baixa renda, as quais utilizam estes recursos como complementação alimentar e como fonte geradora de renda (FARIAS, 2008).

1.6 Segurança alimentar e contaminação por metais em moluscos bivalves no Brasil

Os moluscos bivalves (amêijoas, mexilhões e ostras) são organismos bentônicos amplamente distribuídos no mundo e que habitam as regiões estuarinas (SARKAR et al., 2008). Estes organismos podem ser suspensívoros e micrófagos que ingerem o plâncton e grande diversidade de material particulado suspenso na água (RODRIGUES et al., 2010). Outros ingerem material que está no sedimento, razão pela qual são chamados de detritívoros ou sedimentívoros (BERGONCI & THOMÉ, 2008). Por serem organismos filtradores, os bivalves concentram contaminantes em um nível mais elevado do que aquele encontrado na água ao seu redor. Em razão dessa capacidade, se tornam indicadores biológicos importantes no monitoramento e controle da qualidade dos ambientes estuarinos e marinhos (EL NEMR et al., 2016).

De acordo com a FAO & WHO, (2021) entre os perigos que podem ser encontrados no ambiente de cultivo de bivalves estão, a presença de patógenos bacterianos entéricos, agentes patogênicos virais, biotoxinas e contaminação química por metais pesados como chumbo (Pb), cádmio (Cd) e mercúrio (Hg) (FAO & WHO, 2020). No ambiente, metais podem ser encontrados naturalmente em baixas concentrações, porém atividades industriais têm aumentado a presença destes elementos nas regiões costeiras, levando a contaminação da biota estuarina e marinha (SILVA et al., 2013). A transferência destes elementos através da cadeia alimentar afeta aos organismos filtradores interferindo não só nas suas funções biológicas, como também representa um risco potencial para a saúde humana devido ao consumo de frutos do mar contaminados (SILVA Et Al., 2013; EL NEMR et al., 2016). Desta forma, para o comércio desses animais são exigidos padrões de segurança rigorosos.

Os moluscos bivalves representam um recurso alimentar importante a nível mundial. Entretanto, a comercialização destes organismos contaminados por substâncias tóxicas de origem antropogênica é uma realidade não só do Brasil, senão também a nível global. Para isso, é essencial o estabelecimento de limites de concentração para metais e metalóides em moluscos bivalves. Estes limites (Tabela 4) são estabelecidos por diversos órgãos de fiscalização em diferentes países, e órgãos internacionais como a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO). No Brasil, esses limites são estabelecidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) para metais como Pb, Cd e Hg (Tabela 4).

O número de publicações sobre a presença de metais em moluscos bivalves para o estado do Ceará é bastante reduzido. Além disso, os resultados são reportados principalmente para o Hg e em um número restrito de espécies dentre as inúmeras com potencial alimentar, destaca-se: *C. rhizophorae*. De acordo com os dados reportados para a *C. rhizophorae* nos estuários dos Rios Ceará, Cocó, Pacoti e Jaguaribe as concentrações de Hg foram de 0,01, 0,009, 0,004 e 0,005 mg/kg (peso úmido) respectivamente (Tabela 5).

Para as espécies *M. falcata* e *A. brasiliana* foram reportadas concentrações de Cu. Em *M. falcata* as concentrações de Cu foram de 1,7 mg/kg, e na *A. brasiliana* a concentração

foi de 0,9 mg/kg. As concentrações de Pb foram reportadas para *C. rizophorae* e *A. brasiliana*, mostrando valores de 0,2 e 0,7 mg/kg respectivamente.

Tabela 4 – Limites estabelecidos pelo Mercosul, Uniao Europeia, Australia, e a FAO (mg/kg em peso húmido) para concentrações máximas permitidas de Cd, Pb, Hg, As, Zn e Cu em moluscos bivalves para consumo humano.

Metal	Concentração Máxima (Peso úmido)	Referência	País/Bloco econômico
Cádmio (Cd)			
Moluscos bivalves	2,00 mg/kg	RESOLUÇÃO - RDC Nº 42, de 29 de agosto de 2013	Anvisa/Mercosul
	1,00 mg/kg	COMISSION REGULATION (EU) 2023/915	União Europeia
	2,00 mg/kg	FSC STANDARD 1.4.1 (Shedule 19)	Australia
Chumbo (Pb)			
Moluscos bivalves	1,50 mg/kg	Resolução - RDC Nº 42, de 29 de agosto de 2013	Anvisa/Mercosul
	1,50 mg/kg	COMISSION REGULATION (EU) 2023/915	União Europeia
	2,00 mg/kg	FSC STANDARD 1.4.1 (Shedule 19)	Australia
Mercúrio (Hg)			
Moluscos bivalves	0,50 mg/kg	RESOLUÇÃO - RDC Nº 42, de 29 de agosto de 2013	Anvisa/Mercosul
	0,50 mg/kg	COMISSION REGULATION (EU) 2023/915	União Europeia
	0,50 mg/kg	FSC STANDARD 1.4.1 (Shedule 19)	Australia
Arsênio (As)			
Moluscos bivalves	1,00 mg/kg	RESOLUÇÃO - RDC Nº 42, de 29 de agosto de 2013	Anvisa/Mercosul
	1,00 mg/kg	FSC STANDARD 1.4.1 (Shedule 19)	Australia
Cobre (Cu)			
Moluscos bivalves	30,0 mg/kg IMT	INSTRUÇÃO NORMATIVA - IN Nº 88, de 26 de março de 2021 BARBOSA et al. (2019)	Anvisa
Zinco (Zn)			
Moluscos bivalves	50,00 mg/kg	INSTRUÇÃO NORMATIVA - IN Nº 88, de 26 de março de 2021 BARBOSA et al. (2019)	Anvisa

IMT: Ingestão máxima tolerável

Todas as espécies mostraram concentrações para Hg, Pb e Cu abaixo dos limites estabelecidos pela legislação brasileira de forma que seu consumo não representa risco para a saúde humana (Tabela 4).

É importante ressaltar que a carência de dados para a região não permite realizar um monitoramento mais completo dos níveis de diferentes metais nos moluscos bivalves e o risco para o consumo humano. Assim, a partir de um inventário sobre as principais espécies utilizadas, e o risco associado ao consumo de moluscos bivalves e algas marinhas no estado do Ceará poderemos obter uma noção sobre a concentração de metais nestes recursos de grande importância comercial, sendo este o objetivo da continuidade deste projeto.

2. Critérios para a definição das espécies de interesse

As informações deste relatório foram obtidas a partir dos dados da organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura – FAO, assim como o boletim de aquicultura em águas da União do Brasil dos anos 2011 e 2020.

As espécies de algas e moluscos bivalves foram selecionadas de acordo com a importância para o consumo humano seja a nível comercial ou de subsistência no estado do Ceará. No caso das algas marinhas, foi avaliada a relevância no uso como matéria prima para a produção de gelatinas, sorvetes, geleias doces, lácteos, além de cosméticos, cremes, xampus, sabonetes líquidos entre outros produtos. Além disso, foi avaliado o potencial de exposição destes organismos aos metais Cd, Pb, Hg, Zn e Cu.

3. Inventário das espécies de algas marinhas e moluscos bivalves utilizados para o consumo humano no estado do Ceará.

3.1. Algas

Espécie: *Gracilaria birdiae*



Figura 2 – *Gracilaria birdiae*

Família: Gracilariaceae; Gênero: *Gracilaria* (Greville, 1830); Espécie: *birdiae*.

Descrição: *G. birdiae* pode ser encontrada nas águas tropicais do Brasil e foi descrita pela primeira vez por PLASTINO & OLIVEIRA (2002). Apresenta uma distribuição entre os estados do Ceará e do Espírito Santo. Assim como outras algas vermelhas, devido a seu ótimo perfil nutricional, mostra um alto valor comercial para a região do nordeste, e tem sido explorada há décadas para a produção de agar. Dentro dos usos, está a produção de novas alternativas de alimentos para consumo, principalmente em cardápios de merendas escolares (FERREIRA, 2017).

Taxonomia: Filo: Rhodophyta; Classe Florideophyceae; Ordem: Gracilariales;

Espécie: *Gracilaria cervicornis*

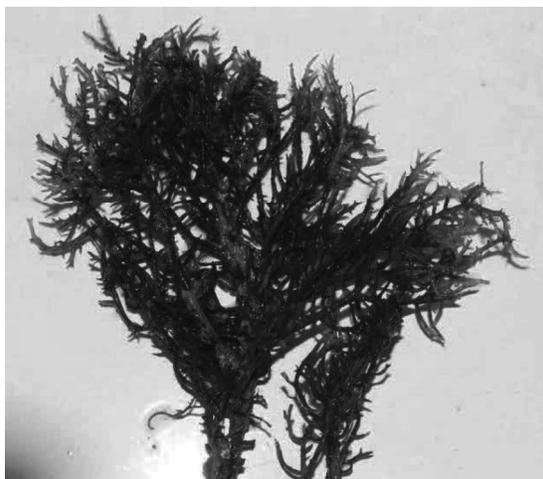


Figura 3 – *Gracilaria cervicornis*

Taxonomia: Filo: Rhodophyta; Classe Florideophyceae; Ordem: Gracilariales; Família: Gracilariaceae; Gênero: *Gracilaria* (Greville, 1830); Espécie: *cervicornis*.

Descrição: *G. cervicornis* é uma espécie distribuída mundialmente e que pode ser encontrada no litoral nordestino, onde forma bancos naturais. As espécies do gênero *Gracilaria* começaram a ser exploradas em 1970 para a extração do agar, principalmente por mulheres das comunidades costeiras para incrementar a renda familiar (MARINHO-SORIANO, 2017).

Espécie: *Hypnea musciformis*

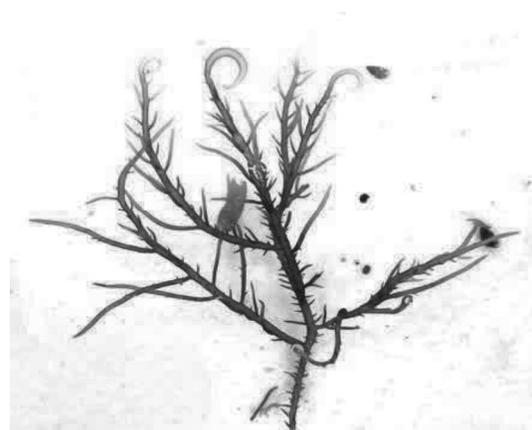


Figura 4 – *Hypnea musciformis*

Taxonomia: Filo: Rhodophyta; Classe: Florideophyceae; Ordem: Gigartinales; Família: Cystocloniaceae; Gênero: *Hypnea*; Espécie: *musciformis*.

Descrição: Com ampla distribuição a nível mundial, o gênero *Hypnea* apresenta várias espécies que são fontes importantes de ficocolóides, especialmente carragenana, um polissacárido sulfatado utilizado na indústria farmacêutica e alimentícia, como agente espessante, estabilizante e gelificante, possuindo valor econômico significativo para a exploração no Brasil (MARINHO-SORIANO, 2017). *H. musciformis*, pode ser considerada como a espécie mais conhecida do gênero *Hypnea*, podendo ser encontrada amplamente distribuída no litoral brasileiro, embora tenha havido declínio na sua abundância devido à alta exploração (MASIH NETO, 2009).

Espécie: *Hypnea pseudomusciformis*

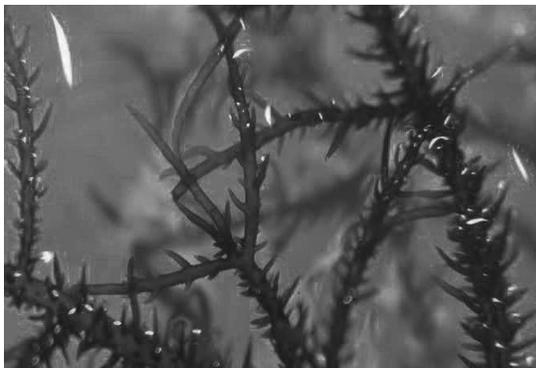


Figura 5 – *Hypnea pseudomusciformis*

Taxonomia: Filo: Rhodophyta; Classe: Florideophyceae; Ordem: Gigartinales; Família: Hypneaceae; Gênero: *Hypnea*; Espécie: *pseudomusciformis*.

Descrição:

A *H. pseudomusciformis* tem o hábito de crescer sobre outras algas ou rochas, e possui uma ampla distribuição em ambientes marinhos rasos, em climas tropical e subtropical. No Brasil, ocorre desde a região Nordeste (Maranhão) até o Sul (Santa Catarina). Em 1960 os bancos naturais da espécie *H. pseudomusciformis* do Nordeste do Brasil foram explorados pela indústria de processamento de ágar e carragena. Atualmente a espécie é de interesse da indústria cosmética, farmacêutica e alimentícia (KIMPARA et al., 2021).

3.2. Moluscos bivalves

Espécie: *Crassostrea rhizophorae*

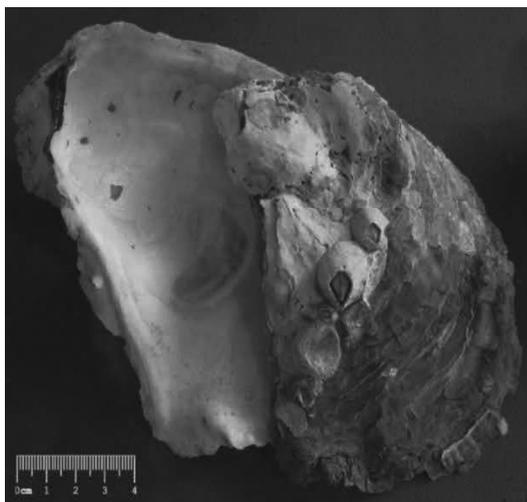


Figura 6 – *Crassostrea rhizophorae*.
Fonte: Museu Nacional

Taxonomia: Filo mollusca; Classe bivalvia; Ordem Ostreoida (Waller, 1978); Família Ostreidae; Gênero *Crassostrea* (Sacco, 1897)

Descrição: Essa espécie de bivalve possui ocorrência em fundos de costões

rochosos ou aderidos às raízes de manguezais, sendo assim, popularmente conhecida como ostra do mangue. São típicas das zonas tropicais, distribuindo-se no sul do Caribe, na Venezuela, Suriname, passando pela costa brasileira e chegando até o Uruguai (RIOS, 1994), e amplamente utilizadas na alimentação, possuindo um alto valor econômico. Rios (1994) considera a espécie *Crassostrea brasiliiana* (Lamarck, 1819) como sinônima da espécie *C. rhizophorae*, no entanto, a distribuição de ambas não se dá inteiramente equivalente ao longo da costa brasileira, sendo a *C. brasiliiana* mais ocorrente em quase todo o território do Brasil, indo desde o Estado de Santa Catarina até o Maranhão e sendo mais apreciada e consumida no Estado de São Paulo, enquanto a *C. rhizophorae* é mais localizada e consumida na região Nordeste. Os dados de produção desta espécie são escassos, porém podem

estar subestimados, devido a que os levantamentos estatísticos são poucos na maioria dos países latino-americanos

Espécie: *Anomalocardia brasiliana*



Figura 7 – *Anomalocardia brasiliana*.
Fonte: Museu Nacional

Taxonomia: Filo mollusca; Classe bivalvia; Ordem Venerida; Família Veneridae; Gênero *Anomalocardia*; Espécie *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791)

Nomes comuns: Vôngole, berbigão, búzio

Descrição: A espécie *A. brasiliana* (Gmelin, 1791) é um molusco bivalve marinho e litorâneo, com uma ampla distribuição geográfica, indo desde as Índias Ocidentais, passando pelo mar do Caribe e chegando às costas do Brasil e Uruguai (RIOS, 1994). Com diversos nomes populares, o famoso vôngole habita em fundos areno-lodosos de enseadas até desembocaduras de

onde está espécie ocorre (SUPLICY, 2022).

estuários e é uma das espécies mais coletadas pelas comunidades marisqueiras, servindo de subsídio tanto alimentar quanto econômico.

Estudos realizados no Ceará e Pernambuco mostram que existe uma variação no rendimento da carne da *A. brasiliana* ao longo dos meses, sendo janeiro o mês que apresenta o maior valor médio (NASCIMENTO et al., 2022; LAVANDER et al., 2011). Da mesma forma, foi observado que nos meses de abril a setembro houve uma maior densidade de juvenis e, portanto, recomenda-se que os esforços para a captura da *A. brasiliana* sejam reduzidos nesse período. Já nos períodos em que os altos valores de rendimento são refletidos pela presença de gametas nas gônadas, os mariscos são considerados mais “gordos” pelas marisqueiras e possuindo um maior benefício para essas comunidades.

Espécie: *Tagelus plebeius*

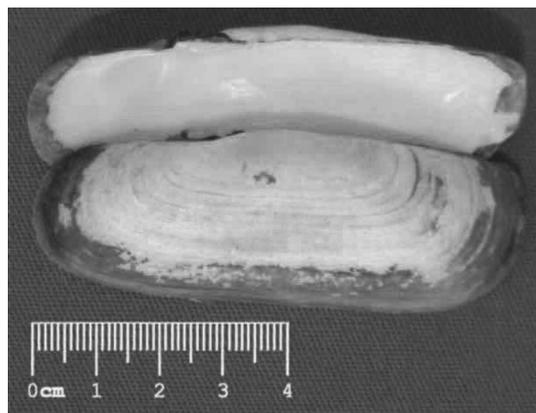


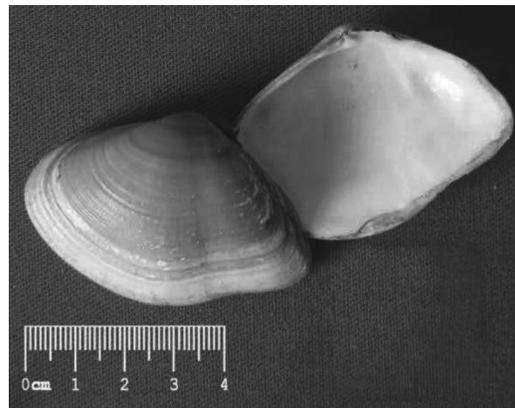
Figura 8 – *Tagelus plebeius*
Fonte: Museu Nacional

Taxonomia: Filo mollusca; Classe bivalvia; Família Solecurtidae; Gênero *Tagelus*; Espécie: *Tagelus plebeius* (Lightfoot, 1786).

Nomes comuns: Unha-de-velho, pixoleta

Descrição: A espécie *Tagelus plebeius* (Lightfoot, 1786) é um bivalve que possui uma distribuição geográfica ampla, desde a Carolina do Norte até a Flórida, passando por Texas, Índias Ocidentais, Venezuela, toda a costa brasileira até o sul da Argentina (RIOS, 2009). Popularmente conhecido como “unha-de-velho”, *T. plebeius* está presente abundantemente em regiões estuarinas, vivendo em sedimentos arenosos instáveis e possuem o hábito de se enterrarem até 90cm, o que possibilita a construção das profundas galerias tubulares que permitem seu movimento na vertical (HOLLAND & DEAN, 1977; GUTIÉRREZ & VALERO, 2001).

Pixoleta, como também é chamado *T. plebeius*, é amplamente utilizado na alimentação das comunidades marisqueiras e no comércio. Portanto, esse bivalve, após ser coletado, geralmente passa por um pré-cozimento ainda no entorno do mangue, o que proporciona a abertura das conchas e a retirada da carne que posteriormente é vendida (CARDOSO, 2009).



Espécie: *Iphigenia brasiliensis*

Figura 9 – *Iphigenia brasiliensis*.

Fonte: Museu Nacional

Taxonomia: Filo mollusca; Classe bivalvia; Ordem Cardiida; Família Donacidae; Gênero *Iphigenia*; Espécie: *Iphigenia brasiliensis* (Lamarck, 1818)

Nomes comuns: Tarioba, bico de pato

Descrição: Mais conhecido como “tarioba”, a espécie *I. brasiliensis* é uma espécie de molusco bivalve que possui como habitat natural substratos arenolodosos e uma distribuição abundante na zona costeira brasileira, estendendo-se desde o Pará (PA) até Santa Catarina (SC) (RIOS, 2009). Essa espécie também é conhecida como “bico de pato” pela comunidade pesqueira de Cheval localizada no Ceará (ARAÚJO, 2020) e como “intã” pela comunidade da Mangabeira, no Eusébio, Ceará (PINTO, 2016). Por mais que ele seja extremamente relevante nas atividades socioeconômicas das regiões Norte e Nordeste por meio das comunidades tradicionais marisqueiras, os estudos e informações acerca desse bivalve são escassos quando comparado aos disponíveis para as espécies *C. rhizophorae* e *A. brasiliiana* (FERREIRA et al., 2019).

4. Concentrações de metais observadas em algas e moluscos bivalves na região costeira do estado do Ceará

No Brasil, as regiões costeiras concentram a maior parte da população. Em alguns estados litorâneos do nordeste semiárido a densidade demográfica pode chegar a mais da metade da população como no caso do estado do Ceará (SOARES et al., 2021). Esta ocupação gera uma forte pressão devido às atividades industriais, agricultura, mineração e aquicultura que conseqüentemente podem produzir diferentes níveis de contaminação sobre seus principais estuários, como os estuários dos rios Ceará, Cocó, Pacoti e Jaguaribe.

No Ceará, os Rios Cocó e Ceará são considerados exemplos de rios urbanizados, devido a que suas regiões fluvio-estuarinas, dominadas por manguezais estão inseridas na região metropolitana da cidade de Fortaleza, capital do Estado do Ceará (DUAVI et al., 2015). Desta forma o despejo de resíduos urbanos dentro destes rios e o contato com áreas urbanas sem saneamento básico, e áreas industriais como o Distrito Industrial de Maracanaú leva a contaminação destas regiões com elevada importância ambiental, econômica e social. Já os estuários dos Rios Pacoti e Jaguaribe, embora tenham mostrado baixos níveis de concentração de elementos como o Hg também estão sujeitos a contaminação por efluentes urbanos (LACERDA et al., 2004) e da agropecuária. Com isto é fundamental a avaliação destes ambientes e de seus recursos, como algas marinhas e moluscos bivalves, a fim de entender o risco que representa seu consumo, principalmente para as populações costeiras.

Nas algas marinhas o número e trabalhos avaliando a presença de contaminantes é limitado para o estado do Ceará (Tabela 5 e 6). As principais produções são de trabalhos de conclusão de curso e de mestrado, sendo encontrado um único artigo publicado até o momento. Estas publicações tiveram como objetivos a avaliação do uso de algas marinhas como biomonitores de contaminação ambiental (CHAVES, 2012), determinar seu potencial nutricional na formulação de fertilizantes para plantas (FERREIRA et al., 2020), e a verificação do efeito da sazonalidade nas concentrações de metais na região costeira do estado do Ceará (MOURA, 2023).

Os principais resultados destes trabalhos mostram a influência exercida pelos períodos chuvosos na disponibilidade de metais e conseqüentemente no aumento nas concentrações de metais encontradas em algas como a *H. musciformis* e *S. vulgare*. Desta forma, é fundamental um monitoramento durante períodos secos e chuvosos das algas marinhas utilizadas para o consumo e como matéria prima para a elaboração de diferentes produtos. Isto permitiria estabelecer um melhor protocolo de coleta de algas durante ambos os períodos, além de permitir avaliar o risco de exposição humana a concentrações acima do limite tolerável por agências nacionais e internacionais de saúde.

Tabela 5 – Concentração de metais em peso úmido de moluscos bivalves nos estuários dos rios Ceará, Cocó, Pacoti e Jaguaribe.

Espécie	Local	Metal (mg/kg)*			Referência
		Pb	Hg	Cu	
<i>C. rizophorae</i>	Ceará	-	0,169	-	VAISMAN et al. (2005)
	Cocó	-	0,009	-	
	Pacoti	-	0,004	-	
	Jaguaribe	-	0,006	-	
	Jaguaribe	-	-	0,8	
<i>M. falcata</i>	Pacoti	0,2	-	0,8	TORRES (2009)
	Jaguaribe	-	-	1,7	
<i>A. brasiliiana</i>	Pacoti	0,7	-	0,9	
<i>C. rizophorae</i>	Ceará	-	0,010	-	RIOS et al. (2016)
	Jaguaribe	-	0,008	-	
	Pacoti	-	0,006	-	
	Cocó	-	0,007	-	
	Jaguaribe	-	0,004	5,2	

*Valores originais foram reportados em ng g^{-1} e peso seco, pelo qual foram convertidos para peso úmido utilizando a porcentagem de umidade de 89% reportado por VAISMAN et al. (2005).

A maioria dos estudos relata concentrações em moluscos bivalves dada sua importância na dieta de populações locais, quando da sua utilização como biomonitorios da contaminação ambiental por metais, particularmente o Hg, devido as suas implicações com a saúde alimentar. Dentre esses, e pelos mesmos motivos, destaca-se um maior número de trabalhos realizados com espécies de ostras. Estes trabalhos demonstram claramente variação geográfica nas concentrações de alguns metais (p.ex. o Hg), com as maiores concentrações relatadas para animais coletados em estuários urbanos quando comparado a estuários em áreas rurais ou de baixa densidade populacional (VAISMAN et al., 2005; RIOS et al., 2016). Este resultado confirma o uso de ostras como um biomonitor consistente das concentrações ambientais dos metais. Para os demais metais, ainda é muito pouco o registro de suas concentrações. Geralmente, entretanto, todos os trabalhos realizados até o momento mostram concentrações de metais em moluscos bivalves bem abaixo dos limites preconizados pela legislação. Assim, fica claro a necessidade urgente de mais estudos para confirmar essas concentrações, principalmente para aqueles metais cujas concentrações são ainda praticamente desconhecidas, apesar da ameaça potencial de risco de exposição humana e conseqüente impacto na segurança alimentar.

Tabela 6 – Concentrações de Hg, Cu, Zn e Pb em peso úmido de algas marinhas da região costeira do Ceará.

Espécie	Local	Metal (mg/kg)				Autor
		Hg	Cu	Zn	Pb	
<i>Ulva lactuca</i>	Pacoti	-	0,23	-	-	Torres (2009) ^a
<i>Gracilaria sp.</i>	Praia coqueiros	-	0,43	0,55	1,25	
	Praia Flecheiras	-	0,24	0,31	0,09	
<i>Hypnea musciformis</i>	Praia coqueiros	-	0,57	0,40	0,52	Chaves (2012) ^a
	Praia Flecheiras	-	0,47	0,38	0,23	
<i>Cryptonemia crenulata</i>	Praia coqueiros	-	0,60	0,64	0,34	
	Praia Flecheiras	-	0,68	0,66	0,32	
<i>Gracilaria cearensis</i>	Praia do Pacheco	-	0,19	7,5	-	
<i>Hypnea pseudomusciformis</i>	Praia do Pacheco	-	2,83	6,19	-	Ferreira et al. (2020) ^a
<i>Ulva fasciata</i>	Praia do Pacheco	-	4,48	0,19	-	
<i>Bryothamnion triquetum</i>	NE	0,12	-	-	-	
<i>Caulerpa racemosa</i>	NE	0,19	-	-	-	
<i>Hypnea musciformis</i>	NE	0,29	-	-	-	Moura (2023)
<i>Sargassum vulgare</i>	NE	0,63	-	-	-	
<i>Solieria Filiformes</i>	NE	0,14	-	-	-	
<i>Ulva lactuca</i>	NE	0,08	-	-	-	

^aValores originais foram reportados em peso seco, pelo qual foram convertidos para peso úmido utilizando a porcentagem de umidade de 85% reportado por GUO et al. (2023).
NE: Não especificado

5. REFERÊNCIAS

ANSES (2020). Opinion of the French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety on maximum cadmium levels for seaweed intended for human consumption. Request No 2017-SA-0070. <https://www.anses.fr/en/system/files/ERCA2017SA0070EN.pdf>.

ARAÚJO, G.S., RODRIGUES, J.R.G., 2011. Maricultura da alga marinha vermelha *Gracilaria birdiae* em Icapuí, Ceará. <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/7731>

ARAÚJO, L.M.S., 2020. A atividade de mariscagem na comunidade pesqueira de Chaval, Ceará, Nordeste do Brasil. 144 f. Tese (Doutorado em Ciências Marinhas Tropicais) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020. <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/54432>

BARBOSA, I.D.S., BRITO, G.B., DOS SANTOS, G.L., SANTOS, L.N., TEIXEIRA, L.S., ARAUJO, R.G., KORN, M.G.A. 2019. Multivariate data analysis of trace elements in bivalve molluscs: Characterization and food safety evaluation. *Food Chemistry*, 273, 64-70. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.02.063>

BERGONCI, P., THOMÉ, J., 2008. Vertical distribution, segregation by size and recruitment of the yellow clam *Mesodesma mactroides* Deshayes, 1854 (Mollusca, Bivalvia, Mesodesmatidae) in exposed sandy beaches of the Rio Grande do Sul state, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, v. 68, n. 2, p. 297–305, maio. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842008000200010>

CARDOSO, D.M., 2009. Caracterização da pesca artesanal no estuário do Rio Cocó, localidade de Sabiaguaba, Fortaleza - Ceará. 2009. 34 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Pesca) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009. <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/33910>

CARVALHO, S.C.S., 2004. Níveis de concentrações de metais pesados em macroalgas e em sedimentos marinhos do Estado de Pernambuco – Brasil. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife. <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/8771>

CARVALHO, M.E.A., CASTRO, P.R.C., 2014. Extratos de algas e suas aplicações na agricultura. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Disponível em: <https://www.esalq.usp.br/biblioteca/file/228/download?token=3UHgA7eq>. Acesso em: 13 fev. 2024.

CHAVES, Q.L.S.G., 2012. Sedimentos e macroalgas como bioindicadores de metais traço em dois trechos do litoral oeste do Ceará-Brasil. 2012. 93 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/4808>

COMPANHIA DAS ALGAS, 2024. Aceso em fevereiro 2024. <https://www.ciadasalgas.com.br/>

COTAS, J., LEANDRO, A., PACHECO, D., GONÇALVES, A., PEREIRA, L., 2020. A comprehensive review of the nutraceutical and therapeutic applications of red seaweeds (Rhodophyta). *Life*, 10(3), 19. <https://doi.org/10.3390/life10030019>

DIARIO DO NORDESTE, 2006. Acessado em fevereiro 2024. <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/regiao/cultivo-de-algas-impulsiona-economia-1.543170>

DIARIO DO NORDESTE, 2021. Acessado em fevereiro 2024. <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/ceara/mulheres-do-ce-usam-algas-marinhas-para-produzir-de-shampoo-a-pizza-e-previnem-extincao-do-recurso-1.3390235>

DJEDJIBEGOVIĆ, J., MARJANOVIĆ, A., TAHIROVIĆ, D., ČAKLOVIĆ, K., TURALIĆ, A., LUGUSIĆ, A., OMERAGIĆ, E., SOBER, M., ČAKLOVIĆ, F. 2020. Heavy metals in commercial fish and seafood products and risk assessment in adult population in Bosnia and Herzegovina. *Scientific Reports*, 10(1), 1-8. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-70205-9>

DUAVÍ, W.C., GAMA, A.F., MORAIS, P.C.V., OLIVEIRA, A.H.B., NASCIMENTO, R.F. & CAVALCANTE, R.M. 2015. contaminação de ambientes aquáticos por "agrotóxicos urbanos": o caso dos rios Cocó e Ceará, fortaleza – Ceará, Brasil. *Química Nova*, 38(5), 622–630. <https://doi.org/10.5935/0100-4042.20150055>

GEETHA, B.A.I. & R., TUVIKENE, R., 2021. Potential antiviral properties of industrially important marine algal polysaccharides and their significance in fighting a future viral pandemic. *Viruses*, 13(9), 1817. <https://doi.org/10.3390/v13091817>

GUO, C., ZHU, Z., YU, P., ZHANG, X., DONG, W., WANG, X., CHEN, Y., LIU, X. 2019. Inhibitory effect of iota-carrageenan on porcine reproductive and respiratory syndrome virus in vitro. *Antiviral therapy*, v. 24, n. 4, p. 261-270, 2019. <https://doi.org/10.3851/IMP3295>

GUO, Y., LUNDEBYE, A., LI, N., ERGON, Å., PANG, S., JIANG, Y., ZHU, W., ZHAO, Y., LI, X., YAO, L., WANG, L., & AAKRE, I. 2023. Comparative assessment of food safety regulations and standards for arsenic, cadmium, lead, mercury and iodine in macroalgae used as food and feed in China and Europe. *Trends in Food Science & Technology*, 141, 104204. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.104204>

GUPTA, S., ABU-GHANNAM, N., 2011. Bioactive potential and possible health effects of edible brown seaweeds. *Trends in Food Science & Technology*, 22(6), 315-326. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.03.011>

EL NEMR, A., EL-SAID, G.F., RAGAB, S., KHALED, A., EL-SIKAILY, A. 2016. The distribution, contamination and risk assessment of heavy metals in sediment and shellfish from the Red Sea coast, Egypt. *Chemosphere*, 165, 369-380. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.09.048>

EUROPEAN COMMISSION (EC). 2002a. Directive 2002/32/EC of the European Parliament and of the Council of 7 May 2002 on undesirable substances in animal feed - Council statement. Acessado em 3 de Janeiro de 2024. <https://data.europa.eu/eli/dir/2002/32/oj>

EUROPEAN COMMISSION. 2023. Commission Regulation (EU) 2023/915 of 25 April 2023 on maximum levels for certain contaminants in food and repealing Regulation (EC) No 1881/2006. Official Journal of the European Union, 119, 103–157. A ML of 3.0 mg/kg Cd has been set specifically for food supplements consisting at least of 80% from dried seaweed and from products derived from seaweed. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32023R0915>

FARIAS, M.F. 2008. Ciclo reprodutivo, distribuição populacional e condições microbiológicas de *Tagelus plebeius* (Lighfoot, 1786) (MOLLUSCA: BIVALVIA: SOLECURTIDAE) no estuário do rio Ceará em Fortaleza-CE. 2008. 152 f.: Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais. <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/4913>

FAO. 2020. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action. Food & Agriculture Organization, Rome. <https://doi.org/10.4060/ca9229en>

FAO and WHO. 2020. Code of Practice for Fish and Fishery Products. Food & Agriculture Organization & World Health Organization, Rome. <https://doi.org/10.4060/cb0658en>

FAO & OMS. 2021. Orientación técnica para el desarrollo de los aspectos relativos a las zonas de cría de los programas de saneamiento de moluscos bivalvos. Serie Inocuidad y calidad de los alimentos, no 5A. Food & Agriculture Organization & World Health Organization, Roma. <https://doi.org/10.4060/cb5072es>

FAO and WHO. 2022. Report of the expert meeting on food safety for seaweed – Current status and future perspectives. Rome, 28–29 October 2021. Food Safety and Quality Series No. 13. Food & Agriculture Organization & World Health Organization, Rome. <https://doi.org/10.4060/cc0846en>

FENG, W., HU, Y., AN, N., FENG, Z., LIU, J., MOU, J., HU, T., GUAN, H., ZHANG, D., MAO, Y. 2020. Alginate oligosaccharide alleviates monocrotaline-induced pulmonary hypertension via antioxidant and anti-inflammation pathways in rats. International Heart Journal, 61(1), 160–168. <https://doi.org/10.1536/ihj.19-096>

FERREIRA, A.B.G. 2017. Uso da macroalga gracilaria birdiae para o enriquecimento da merenda escolar da rede públicas de ensino em regiões semiáridas do rn. Anais II CONIDIS... Campina Grande: Realize Editora. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/33916> . Acesso em: 08/02/2024 15:50

FERREIRA, M.S.N., DUARTE, M.R., SILVA, E.P. 2019. da. Recursos Pesqueiros de Mariscagem: uma Revisão da Literatura Sobre *Iphigenia brasiliensis*. Ensaio e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde, [S. l.], v. 23, n. 1, p. 24–34, 2019. <https://doi.org/10.17921/1415-6938.2019v23n1p24-34> .

FERREIRA, G.S., BRITO, P.O.B., ADERALDO, F.C., CARNEIRO, P.B.M., ROCHA, A.M., GONDIM, F.A. 2020. Arribadas algae from Pacheco beach, Ceará, Brazil. Revista Verde de

Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, 15, (2), 208–214.
<http://doi.org/10.18378/rvads.v15i2.6472>

GUTIÉRREZ, J., VALERO, J. 2001. La almeja navaja *Tagelus plebeius* y su participación en mecanismos ecológicos de comunidades intermareales mediante la producción de valvas, p.121-128, in Iribarne, O. (ed.), Reserva de Biosfera Mar Chiquita: Características físicas, biológicas y ecológicas. Editorial Martin, Mar del Plata.

HOLLAND, A.F., DEAN, J.M. 1977a. The biology of the stout razor clam *Tagelus plebeius*: I. Animal-sediment relationships, feeding mechanism, and community biology. Chesapeake Science, v.18, n., p.58-66. <https://doi.org/10.2307/1350364>

JAZZARA, M., GHANNAM, A., SOUKKARIEH, C., MURAD, H. 2016. Anti-Proliferative activity of λ -carrageenan through the induction of apoptosis in human breast cancer cells. Iranian Journal of Cancer Prevention 9(4), e3836. <https://doi.org/10.17795/ijcp-3836> .

KIMPARA, J., PEREIRA, S., VALENTI, W. 2021. Produção e beneficiamento da macroalga marinha *Hypnea*. Brasília, DF: Embrapa, 2021. 58 p.
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/222378/1/ABC-AGR-FAMILIAR-Producao-e-beneficiamento-de-macroalga-marinha-ed-01-2021-03-23-2021.pdf>

LACERDA, L.D., MARINS, R.V., VAISMAN, A.G., MAIA, S.R.R., AGUIAR, J.E., DIAS, F.J.S. 2004. Contaminação por metais pesados nas bacias inferiores dos Rios Curimataú e Açú (RN) e Rio Jaguaribe (CE). Sociedade Internacional para Ecossistemas de manguezal do Brasil. Fortaleza. https://abccam.com.br/wp-content/uploads/2011/02/Metais_Pesados_ABCC.pdf

LAVANDER, H.D., CARDOSO, J.L.O., OLIVEIRA, R., SILVA, N.S.R., GALVEZ, A.O., PEIXOTO, S.R.M. 2011. Biologia reprodutiva da *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) no litoral norte de Pernambuco, Brasil. Revista Brasileira de Ciências Agrárias. 6(2): 344-350. <https://doi.org/10.5039/agraria.v6i2a1139>

LEE, Y., OH, H., LEE, M. 2018. Anti-inflammatory effects of Agar free-*Gelidium amansii* (GA) extracts in high-fat diet-induced obese mice. Nutrition Research and Practice, 12(6), 479–485. <https://doi.org/10.4162/nrp.2018.12.6.479>

LI, N., LIU, X., HE, X., WANG, S., CAO, S., XIA, Z., XIAN, H., QIN, L., MAO, W. 2017. Structure and anticoagulant property of a sulfated polysaccharide isolated from the green seaweed *Monostroma angicava*. Carbohydrate Polymers, 159, 195–206. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.12.013>

MACEDO, S.J., CALADO, S.C.S., KOENING, M.L., SILVA, V.L., NEUMANN-LEITÃO, S. 2009. Concentrations of heavy metals in macroalgae in the tropical western Atlantic. WIT Transactions on Ecology and the Environment, 125, 209-218. <http://doi.org/10.2495/WRM090191>

MARINHO-SORIANO, E. 2017. Historical context of commercial exploitation of seaweeds in Brazil. Journal of Applied Phycology 29, 665–671. <https://doi.org/10.1007/s10811-016-0866-8>

MARINS, R.V.; PAULA FILHO, F.J.; MAIA, S.R.R.; LACERDA, L.D. & MARQUES, W.S. 2004. Distribuição de mercúrio total como indicador de poluição urbana e industrial na costa brasileira. *Química Nova*, São Paulo, v.27, n5, p.763-77. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422004000500016>

MASIH NETO, T. 2009. Cultivo da carragenófito *Hypnea musciformis* (wulfen) j.v. Lamour. (Gigartinales - Rhodophyta) em estruturas long-line. 46 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Pesca) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/18658>

MESQUITA, J. X., BRITO, T. V., FONTENELLE, T., DAMASCENO, R., SOUZA, M., SOUZA LOPES, J. L., BELTRAMINI, L. M., BARBOSA, A., FREITAS, A. 2021. Lectin from red algae *Amansia multifida* Lamouroux: Extraction, characterization and anti-inflammatory activity. *International Journal of Biological Macromolecules*, 170, 532–539. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.12.203>

MINISTÉRIO DA SAÚDE DE TAIWAN. 2018. Sanitation Standard for Contaminants and Toxins in Food: Appendix1. Maximum levels (ML) of metals in foods. <https://db.lawbank.com.tw/Eng/FLAW/FLAWDAT01.aspx?Lsid=FL088408>.

MOURA, Y.L.M. 2023. Quantificação de mercúrio em algas marinhas do estado do Ceará por análise direta: Uma comparação sazonal. 2023. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/73835>

MPA. 2022. BOLETIM DE AQUICULTURA EM ÁGUAS DA UNIÃO, 2022. Relatório anual de Produção – RAP. Ministério da Pesca e Aquicultura, Brasília DF. https://www.gov.br/mpa/pt-br/Central_Conteudos/arquivos-docs-ppts/boletim-da-aquicultura-em-aguas-da-uniao-2013-2022-site_compressed.pdf

MPA. 2010. Ministério da Pesca e Aquicultura. Produção de algas: informe técnico. Ministério da Pesca e Aquicultura, Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação; texto: Antônio de Freitas Bezerra, Marcelo Tavares Torres, Patrícia Guimarães Araújo; coordenação geral e editorial: Patrícia Paixão de Oliveira Leite – Brasília: MPA. https://www.researchgate.net/publication/342599777_Producao_de_Algas_informe_tecnico

MU, J., HIRAYAMA, M., SATO, Y., MORIMOTO, K., HORI, K. 2017. A novel high mannose-specific lectin from the green alga *Halimeda renschii* exhibits a potent anti-influenza virus activity through high-affinity binding to the viral hemagglutinin. *Marine Drugs*, 15(8), 255. <https://doi.org/10.3390/md15080255>

NASCIMENTO, N.G., SILVA, G.D.V., SILVA, G.A.V., MAIA, R.C. 2022. Aspects of the population dynamics of *Anomalocardia brasiliiana*: subsidies for sustainable fishing in the west coast of Ceará, Brazil. *Ciência Animal Brasileira*, 23, e72781. <https://doi.org/10.1590/1809-6891v23e-72781E>

OLIVEIRA, E.C., HORTA, P.A., AMANCIO, C.E., SANT'ANNA, C.L. 2002. Algas e angiospermas marinhas bênticas do litoral brasileiro: diversidade, exploração e conservação. In Workshop

sobre Avaliação e ações prioritárias para a conservação da Biodiversidade das zonas costeira e marinha. Relatório Técnico. Brasília, Ministério do Meio Ambiente (Vol. 1, pp. 411-416).

<https://www.researchgate.net/publication/264841726> Algas e angiospermas marinhas benticas do litoral brasileiro diversidade explotacao e conservacao

PALANISAMY, S., VINOSHA, M., MANIKANDAKRISHNAN, M., ANJALI, R., RAJASEKAR, P., MARUDHUPANDI, T., MANIKANDAN, R., VASEEHARAN, B., PRABHU, N. M. 2018. Investigation of antioxidant and anticancer potential of fucoïdan from *Sargassum polycystum*. International Journal of Biological Macromolecules, 116, 151–161. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.04.163>

PINTO, L.M. 2016. Os coletores de moluscos da comunidade da Mangabeira (Eusébio, Ceará): caracterização da atividade e percepções. 52 f. Monografia (Graduação em Ciências Ambientais) - Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/31202>

PLASTINO, E.M. & OLIVEIRA, E.C. 2002. *Gracilaria birdiae* (Gracilariales, Rhodophyta), a new species from the tropical South American Atlantic with a terete frond and deep spermatangial conceptacles. Phycologia 41: 389-396. <https://doi.org/10.2216/i0031-8884-41-4-389.1>

QIU, S., AWEYA, J.J., LIU, X., LIU, Y., TANG, S., ZHANG, W., CHEONG, K. 2022. Bioactive polysaccharides from red seaweed as potent food supplements: A systematic review of their extraction, purification, and biological activities. Carbohydrate Polymers, 275, 118696. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.118696>

RAKIB, M.J., JOLLY, Y.N., DIOSES-SALINAS, D.C., PIZARRO-ORTEGA, C.I., DE-LA-TORRE, E.G., KHANDAKER, M.U., ALSUBAIE, A., ALMALKI, A.S.A., BRADLEY, D.A. 2021. Macroalgae in biomonitoring of metal pollution in the Bay of Bengal coastal waters of Cox's Bazar and surrounding areas. Scientific Reports 11, 20999. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-99750-7>

RIOS, E., 1994. Seashells of Brasil. 2 ed. Ed. da Furg, Rio Grande. 368pp.

RIOS, E.C., 2009. Compendium of Brazilian sea shells. Editora Evangraf, Rio Grande, 668 pp.

RIOS, J.H.L., MARINS, R.V., OLIVEIRA, K.F. et al., 2016. Long-Term (2002–2015) Changes in mercury contamination in ne brazil depicted by the mangrove oyster *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828). Bulletin of Environmental Contamination & Toxicology 97, 474-479. <https://doi.org/10.1007/s00128-016-1855-y>

RODRIGUES, P.D., DE PINHO, J.V., RAMOS-FILHO, A.M., NEVES, G.L., CONTE-JUNIOR, C.A. 2023. Mercury contamination in seafood from an aquatic environment impacted by anthropic activity: seasonality and human health risk. Environmental Science & Pollution Research 30, 85390-85404. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-28435-7>

RODRIGUES, A.M.L., BORGES-AZEVEDO, C.M., HENRY-SILVA, G.G. 2010. Aspectos da biologia e ecologia do molusco bivalve *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791) (Bivalvia,

Veneridae). Revista Brasileira de Biociências, 8(4): 377-383. <https://seer.ufrgs.br/index.php/rbrasbioci/article/view/114960>

SARKAR, S.K., CABRAL, H., CHATTERJEE, M., CARDOSO, I., BHATTACHARYA, A.K., SATPATHY, K.K., ALAM, M.A. 2008. Biomonitoring of Heavy Metals Using the Bivalve Molluscs in Sunderban Mangrove Wetland, Northeast Coast of Bay of Bengal (India): Possible Risks to Human Health. CLEAN Soil, Air & Water 36(2), 187-194. <https://doi.org/10.1002/clen.200700027>

SILVA, M., MACÊDO, S.J., SILVA, H. 2013. Avaliação das concentrações de metais-traço em moluscos bivalves *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791) e *Iphigenia brasiliensis* (Lamarck, 1818) no estuário do rio Ipojuca-Ipojuca-PE, Brasil. Tropical Oceanography Online, 41(1-2), 154-172. <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/8337>

SILVA, C.A., SANTOS, S.O., GARCIA, C.A.B., EUFRASIO, C.A.S., VIANA, R.D. 2016. Teores de arsênio, cádmio e chumbo em peixes marinhos comercializados em Macieó, AL, Aracaju, SE, Salvador, BA, Brasil. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 118).

SIMÕES, M.A., SANTOS, S.D., DANTAS, D.D.M., GALVÉZ, A.O. 2016. Algas cultiváveis e sua aplicação biotecnológica. 91 p. ebook. http://www.ifs.edu.br/images/EDIFS/ebooks/2017/E-book_Algas_cultivaveis.pdf

SOARES, M., CAMPOS, C., CARNEIRO, P., BARROSO, H., MARINS, R.V., TEIXEIRA, C., MENEZES, M., PINHEIRO, L., VIANA, M., FEITOSA, C., SÁNCHEZ-BOTERO, J., BEZERRA, L., ROCHA-BARREIRA, C., MATTHEWS-CASCON, H., MATOS, F., GORAYEB, A., CAVALCANTE, M., MORO, M., ROSSI, S., GARCIA, T. 2021. Challenges and perspectives for the Brazilian semi-arid coast under global environmental changes. Perspectives in Ecology and Conservation, 19(3), 267-278. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2021.06.001>

SOARES, R.G.M. 2017. Bioacumulação dos metais mercúrio e cobre na ostra do mangue *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) na bacia inferior do rio Jaguaribe (CE). 2017. 46 f. Monografia (Graduação em Ciências Ambientais) - Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017. <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/34007>

SOUTO, F.J.B., MARTINS, V.S. 2009. Conhecimentos etnoecológicos na mariscagem de moluscos bivalves no Manguezal do Distrito de Acupe, Santo Amaro-BA. Revista Biotemas, 22(4), 207-218. <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2009v22n4p207>

SUPLICY, F.M. 2022. Manual do cultivo de ostras. Florianópolis: Epagri, 256p. https://www.researchgate.net/publication/358242544_Manual_do_cultivo_de_ostras

TANAKA, K., YAMADA, A., NODA, K., HASEGAWA, T., OKUDA, M., SHOYAMA, Y., NOMOTO, K. 1998. A novel glycoprotein obtained from *Chlorella vulgaris* strain CK22 shows antimetastatic immunopotentiality. Cancer Immunology, Immunotherapy: CII, 45(6), 313-320. <https://doi.org/10.1007/s002620050448>

TORRES, R.F. 2009. Disponibilidade dos metais cobre e chumbo em um canal demarado receptor de efluentes de carcinicultura. Available at: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/1571>

VAISMAN, A., MARINS, R., LACERDA, L. 2005. Characterization of the Mangrove Oyster, *Crassostrea rhizophorae*, as a Biomonitor for Mercury in Tropical Estuarine Systems, Northeast Brazil. *Bulletin of Environmental Contamination & Toxicology* 74, 582–588. <https://doi.org/10.1007/s00128-005-0623-1>

VAN DER S.M., NOORDAM, M.Y., VAN DER FELLS-KLERX, H.J. 2013. Safety of Novel Protein Sources (Insects, Microalgae, Seaweed, Duckweed, and Rapeseed) and Legislative Aspects for Their Application in Food and Feed Production. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12(6), 662-678. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12032>

VASQUEZ, J.A., GUERRA, N. 1996. The use of seaweeds as bioindicators of natural and anthropogenic contaminants in northern Chile. *Hydrobiologia* 326, 327–333. <https://doi.org/10.1007/BF00047826>

WONG, K.H.P., CHEUNG, C.K. 2000. Nutritional evaluation of some subtropical red and green seaweeds part i: proximate composition, amino acid profiles and some physico-chemical properties. *Food Chemistry*, 71, 475-482. [http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00175-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00175-8)

XU, J., LIAO, W., LIU, Y. 2023. An overview on the nutritional and bioactive components of green seaweeds. *Food Production Processes & Nutrition* 5, 18. <https://doi.org/10.1186/s43014-023-00132-5>

YU, B., BI, D., YAO, L., LI, T., GU, L., XU, H., LI, X., LI, H., HU, Z., XU, X., 2020. The inhibitory activity of alginate against allergic reactions in an ovalbumin induced mouse model. *Food & Function*, 11(3), 2704–2713. <https://doi.org/10.1039/d0fo00170h>

ZHANG, L., LIAO, W., HUANG, Y. et al., 2022. Global seaweed farming and processing in the past 20 years. *Food Production Processes & Nutrition* 4, 28. <https://doi.org/10.1186/s43014-022-00113-0>