

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ”

**Produtos alimentícios com valor agregado: desenvolvimento de uma polpa de
tomate acrescentada de algas**

Nicole Demattê

**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para
obtenção do título de Bacharel em Ciências dos Alimentos**

Piracicaba

2024

Nicole Demattê

Bacharel em Ciências dos Alimentos

**Produtos alimentícios com valor agregado: desenvolvimento de uma polpa de
tomate acrescentada de algas**

Orientador: Paulo Eduardo Moruzzi Marques

**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para
obtenção do título de Bacharel em Ciências dos Alimentos**

Piracicaba

2024

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço aos meus pais pela dedicação incansável de investir em minha educação e em minha formação pessoal, vocês são meus verdadeiros alicerces. Agradeço meus 5 irmãos, por terem crescido junto de mim, e me ensinado tanto sobre amor, lealdade e cumplicidade.

Obrigada a todos os docentes que fizeram parte de minha trajetória profissional, especialmente as minhas orientadoras portuguesas Anabela Raymundo e Cristiana Nunes, professoras e pesquisadoras do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa, instituição esta que me recebeu de braços abertos para um intercâmbio de estágio, sendo está uma oportunidade única em minha vida e a que deu origem à esta pesquisa.

Agradeço também ao meu orientador da USP que me auxiliou na construção deste trabalho, professor Dr. Paulo Eduardo Moruzzi Marques, e a todos os colegas que fidelizei durante a minha graduação.

Por fim, e não menos importante, agradeço meu namorado Gilberto, por todo apoio e confiança depositados em mim, e por sempre se dispor a ouvir sobre meus anseios e inseguranças.

Àqueles que não mencionei diretamente: muito obrigada, vocês foram essenciais para eu chegar até aqui.

"A nobreza do homem está
em sentir gratidão pelas graças recebidas
e gravá-las no seu coração."

Meishu-Sama

RESUMO

Este estudo tem como finalidade identificar o potencial das algas, tanto microalgas quanto macroalgas, como ingredientes de alto valor tanto gastronômico quanto tecnológico, visando incentivar seu consumo e a sua inclusão em produtos alimentares. Isso será realizado por meio do desenvolvimento de alternativas sustentáveis e inovadoras no mercado. Para isso, a polpa de tomate, um item bastante apreciado pelos portugueses, foi escolhida como base para a criação de um novo alimento que incorpora algas em sua formulação. Para entender a aceitação do consumidor, foi realizada uma pesquisa de mercado por meio de um questionário online com alunos e docentes de universidades em Portugal e Brasil, focando na percepção e intenção de compra de um produto alimentício inovador. Os resultados indicaram um interesse significativo pelo produto, destacando o potencial das algas como ingredientes de alto valor gastronômico e tecnológico, capazes de promover alternativas sustentáveis no mercado.

Palavras-chave: algas, polpa de tomate, desenvolvimento de produtos, Portugal.

ABSTRACT

This study aims to identify the potential of algae, including both microalgae and macroalgae, as high-value ingredients in terms of both gastronomy and technology, with the objective of encouraging their consumption and incorporation into food products. This will be achieved through the development of sustainable and innovative alternatives in the market. To this end, tomato pulp, a product highly valued by the Portuguese, was selected as the base for creating a new food item that incorporates algae into its formulation. To assess consumer acceptance, a market research survey was conducted through an online questionnaire targeting students and faculty from universities in Portugal and Brazil, focusing on the perception and purchase intention of an innovative food product. The results indicated significant interest in the product, highlighting the potential of algae as high-value gastronomic and technological ingredients capable of promoting sustainable alternatives in the market.

Keywords: algae, tomato paste, product development, Portugal.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1. Algas como ingrediente alimentício.	9
1.2. Algas e sustentabilidade	10
1.3. O tomate.....	12
2. OBJETIVOS	12
3. O QUE SÃO ALGAS	12
3.1. Microalgas	13
3.2. Macroalgas	14
4. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS MICROALGAS E MACROALGAS	15
4.1. Microalgas	16
4.2. Macroalgas	16
5. PRODUÇÃO MUNDIAL DE ALGAS	17
5.1. Cenário brasileiro na produção de algas	19
5.2. Cenário português na produção de algas	20
6. APLICAÇÕES DE ALGAS AO CONSUMO HUMANO	21
6.1. Perspectiva histórica	21
6.2. Desafio do consumo de algas como alimento	22
6.2.1. Saúde e Segurança Alimentar	23
6.2.2. Toxicidade e Alergênicos	23
6.2.3. Contaminantes minerais.....	24
6.2.4. Contaminantes microbiológicos.....	25
7. LEGISLAÇÕES DO CONSUMO DE ALGAS EM PAÍSES DETERMINANTES.....	25
7.1. Legislação sobre algas na União Europeia	26
7.2. Legislação Portugal.....	28
7.3. Legislação Brasil.....	28
8. ALGAS E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA UNIÃO EUROPEIA. ...	29
9. ALGAS EM APLICAÇÕES ALIMENTARES	30
10. ALGAS E SEUS BENEFÍCIOS NA SAÚDE	34
11. CARACTERIZAÇÃO DAS ESPÉCIES ESTUDADAS	38
11.1. Microalga alimentícia	38
11.1.1. Verde (Chlorophyta)	38
11.2. Macroalgas alimentícias.....	39

11.2.1. Verde (Chlorophyta)	39
11.2.2. Castanhas (Phaeophyceae).....	40
12. DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS	41
13. PESQUISA DE MERCADO	45
13.1. Conceito de pesquisa de mercado	45
13.2. Pesquisa de mercado quantitativa	45
14. MATERIAIS E MÉTODOS	46
14.1. Metodologia da pesquisa de mercado	46
15. RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
15.1. Questionário	47
16. CONCLUSÃO	50
17. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tendências do mercado global e europeu de algas de 2016 a 2023.	15
Figura 2. Histórico da utilização de microalgas e algas marinhas.	18
Figura 3. Principais áreas de financiamento da União Europeia para projetos relacionados as algas.	24
Figura 4. Microalga <i>Chlorella vulgaris</i> (honey) em pó.	31
Figura 5. Macroalga <i>Codium tomentosum</i> .	32
Figura 6. Macroalga <i>Fucus vesiculosus</i> .	33
Figura 7. Percepção alimentar pelos consumidores.	34

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Desafios do consumo de algas como alimento.	19
Tabela 2. Espécies de algas e seus derivados aprovados e presentes no Regulamento (UE) 2017/2470.	22
Tabela 3: Listagem de produtos à base de algas lançados no mercado de diversos países.	25
Tabela 4: Quantidades de aminoácidos essenciais presentes em fontes de proteína animais, vegetais e algas.	28
Tabela 5: Dados da concentração de vitamina B12 em algas, comparado a proteínas vegetais e animais.	30
Tabela 6: Frequência de respostas perante a pergunta questionada.	39

1. INTRODUÇÃO

Alguns fatores como a acelerada ascensão da densidade populacional e conseqüentemente a crescente demanda por alimentos de origem animal contribuíram para o desenvolvimento e aperfeiçoamento de processos industriais de produção de alimentos. No entanto, esse desenvolvimento não foi integralmente positivo, visto que vem causando alguns problemas ambientais (AYBAR et al., 2023). Pode-se dizer que esses danos ambientais estão intimamente relacionados com as altas demandas de água e áreas de terra necessárias para a produção de carne, bem como às emissões de gases que intensificam o efeito estufa (SAMBUICHI, 2012). De acordo com uma estimativa prévia, para cada grama de proteína bovina são necessários 254 m² de terra (SHAHBANDEH, 2018). Além disso, a produção de grãos tem como prioridade servir de ração para os animais (77%) e uma pequena parcela para o consumo humano (19,2%) (RITCHIE, 2021). Segundo estimativas, a produção de 1 quilograma de carne bovina, requer 13 kg de grãos (SABATÉ, 2014), demonstrando a baixa taxa de conversão alimentícia e a ineficiência do atual sistema de produção de alimentos.

Sendo assim, diante das problemáticas relacionadas a vida animal, aumento populacional, saúde e sustentabilidade, a busca por fontes alternativas de proteína tem sido cada vez mais explorada, sendo estas responsáveis por alavancar grandes investimentos monetários nos últimos anos (cerca de ~3,1 bilhão de dólares em 2020) (KEERIE, 2020).

1.1. Alga como ingrediente alimentício

Como forma de mitigar a pressão da produção imposta em proteínas de origem animal, outras fontes proteicas como as algas têm ganhado visibilidade. A palavra “alga” diz respeito ao grupo de organismos capazes de sintetizar o próprio alimento a partir de um processo fotossintético (GUIRIE, 2012). Tais organismos são divididos em microalgas (organismos unicelulares, com flexível adaptação em diferentes ambientes) e macroalgas (organismos pluricelulares e exclusivamente marinhos) (KUMARI, 2020).

O projeto de investigação intitulado Sea2Fork – Vertical Algas, integra a Agenda Mobilizadora Pacto da BioeconomiaAzul, promovida pelo Plano de Recuperação e Resiliência (PRR), e tem como objetivo trazer as algas como protagonistas no desenvolvimento de produtos alimentares, com o intuito destas serem reconhecidas pelos consumidores pelas suas características sensoriais e nutricionais, como fonte de proteínas alternativas e outras moléculas de elevado valor para a saúde humana, reintroduzindo estes ingredientes na alimentação dos Portugueses.

As algas, incluindo tanto as microalgas quanto as macroalgas, são valorizadas como alimentos funcionais devido à sua riqueza em compostos bioativos. Estes compostos têm demonstrado várias propriedades benéficas, como atividade antioxidante, capacidade de modulação imunológica, potencial antidiabético e atividade antiproliferativa (KUMARI, 2020).

A utilização de algas na esfera humana vai desde a sua incorporação em suplementos proteicos, até seu uso em biotecnologia para alimentação animal, biocombustível, biofertilizante e biorremediação (MENDES et al., 2022). Em relação as macroalgas, é muito comum estas serem processadas na indústria alimentar com o intuito de extrair os hidrocoloides, como o ágar e o alginato, os quais são componentes importante de diversos produtos alimentícios (WEINRICH, 2023).

Apesar da incorporação de algas em produtos alimentícios apresentar vantagens tanto ambientais, econômicas como de saudabilidade, bem como uma avaliação legislativa favorável no âmbito da União Europeia, ainda existem algumas barreiras centradas em vieses culturais e psicológicos dos consumidores, os quais ainda não estão totalmente habituados a consumirem algas em seu cotidiano. Devido a esse fato, torna-se essencial criar produtos que sejam sensorialmente atraentes e tenham boa aceitação no mercado. Além disso, é importante incorporar uma quantidade significativa de algas para atingir a sustentabilidade desejada, o que pode afetar ainda mais as características sensoriais dos produtos. Portanto, para superar a neofobia, ou seja, o receio de experimentar novos alimentos, e alcançar altos níveis de aceitação por parte dos consumidores, é crucial entender suas preferências.

Uma pesquisa sobre o comportamento do consumidor em relação ao consumo de alimentos ricos em proteína, conduzida em três países europeus – Alemanha, França e Holanda (WEINRICH et al., 2023), revela uma tendência de diminuição no consumo de proteínas de origem animal, acompanhada por um aumento na adoção de dietas veganas e vegetarianas. Aqueles que demonstram interesse no consumo de microalgas como fonte alimentar geralmente se identificam com um estilo de vida saudável, estão dispostos a experimentar novos produtos alimentares, tendem a seguir uma dieta flexitariana e mostram preferência por alimentos produzidos de forma orgânica.

1.2. Algas e sustentabilidade

O conceito de desenvolvimento sustentável engloba um conjunto de princípios para a gestão dos recursos naturais, visando suprir as necessidades humanas de forma equilibrada. Esse termo foi introduzido em 1987 no Relatório Brundtland da ONU, que definiu

desenvolvimento sustentável como aquele que "atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as futuras gerações atenderem às suas próprias necessidades". Ele deve levar em conta os aspectos de sustentabilidade ambiental, econômica e sociopolítica. No que se refere ao meio ambiente (água, ar, solo, florestas e oceanos), é essencial garantir cuidados especiais para a sua preservação. Assim, as dimensões econômica e sociopolítica da sustentabilidade só podem ser alcançadas se a sustentabilidade ambiental for mantida (TORRESI, 2010).

Movimentos que traduzem de fato esse compromisso entre o desenvolvimento, de maneira geral e a sustentabilidade é justamente os ODS (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável), os quais buscam promover, por meio de um apelo global, ações positivas para mitigar algumas desordens da vida na Terra, como a pobreza, a destruição do meio ambiente, e os efeitos negativos das questões climáticas, garantindo que as pessoas, em todos os lugares, possam desfrutar de prosperidade e paz.

Compreender a importância da produção de algas para subsistência da vida humana, é também conseguir identificar e conectar a relevância destes seres em prol de um desenvolvimento justo, que não trará malefícios. Sendo assim, entende-se que as algas estão relacionadas a vários objetivos da ONU, como exemplo (ONU, 2024):

- **ODS 2 - Fome Zero e Agricultura Sustentável:** As algas podem ser uma alternativa sustentável de fonte de proteína e nutrientes, ajudando a combater a fome e melhorar a segurança alimentar (WELLS et al., 2017).
- **ODS 3 – Saúde e Bem-Estar:** Algas promovem dietas mais saudáveis devido ao seu perfil nutricional (vitaminas, minerais, ômega-3, fibras), reduzem o risco de doenças crônicas (cardiovasculares, obesidade, diabetes) e melhoram a saúde intestinal e mental (OLIVEIRA, 2022; CARVALHO et al., 2023; EMBRAPA, 2022).
- **ODS 6 - Água Potável e Saneamento:** O uso de algas para o tratamento de águas residuais e a recuperação de ecossistemas aquáticos contribui para a melhoria da qualidade da água (DINIZ et al., 2004).
- **ODS 7 - Energia Limpa e Acessível:** A produção de biocombustíveis a partir de algas é uma alternativa promissora para fontes de energia renovável e sustentável (DEFANTI et al., 2010).
- **ODS 13 - Ação Contra a Mudança Global do Clima:** O cultivo de algas contribui para a captura de carbono, reduzindo a concentração de CO₂ na atmosfera e ajudando a mitigar os impactos das mudanças climáticas (VIANA).
- **ODS 14 - Vida na Água:** Algas desempenham um papel crucial na manutenção dos

ecossistemas marinhos, servindo de base para a cadeia alimentar e contribuindo para a biodiversidade dos oceanos (COSTA et al., 2011).

- **ODS 15 - Vida Terrestre:** Embora este objetivo se concentre mais nos ecossistemas terrestres, o uso de algas para melhorar a qualidade dos solos e no combate à desertificação, por meio da recuperação de áreas degradadas, é uma aplicação importante (ARAÚJO, 2017).

Dessa forma, entende-se que as algas possuem uma forma peculiar, no sentido positivo, de atender diversas necessidades da vida humana, imprescindivelmente nos momentos atuais, os quais demonstram dívidas geradas pelos seres humanos em relação as questões ambientais, que precisam urgentemente serem quitadas. Sendo assim, investir em seu cultivo e uso eficiente pode ser uma peça-chave para um futuro mais sustentável, em harmonia com os objetivos globais estabelecidos pela ONU.

1.3. O tomate

O tomate é um fruto essencial na dieta mediterrânea e amplamente consumido em Portugal, devido à sua disponibilidade durante todo o ano, especialmente quando cultivado em estufas, e à sua acessibilidade econômica. Além disso, o tomate é valorizado por seu valor nutricional, sendo uma fonte significativa de compostos antioxidantes, como licopeno, compostos fenólicos e vitamina C (VINHA et al., 2010). O enriquecimento deste produto com algas pode conferir um caráter inovador ao novo produto a ser desenvolvido, adicionando valor nutricional.

2. OBJETIVOS

Este trabalho visa realizar uma revisão bibliográfica sobre estudos atuais que discutem a produção, legislações, usos e nutrientes das algas, destacando também seu potencial na criação de produtos alimentícios. Como parte do estudo, pretende-se desenvolver uma polpa de tomate enriquecida com algas e, posteriormente, entender a aceitação do produto por meio de uma análise de mercado quantitativa (questionário) aplicada a alunos e professores de universidades no Brasil e em Portugal, avaliando o interesse e a intenção de compra dos potenciais consumidores.

3. O QUE SÃO ALGAS

Algas são seres majoritariamente autotróficos, podendo ser unicelulares ou pluricelulares, de tamanho diminuto até organismos gigantes, encontradas principalmente, mas não exclusivamente em ambientes aquáticos ou locais úmidos, possuindo o pigmento clorofila como o responsável pelo processo fotossintético (DE SAN, 2012).

O termo algas não possui um valor taxonômico, visto que em sua árvore genealógica estes seres não compartilham um ancestral em comum, estando inseridos em um grupo polifilético. Devido a esse fato, as algas são distintas entre si, tanto em termos morfológicos como fisiológicos (LUBIANA, 2014). A respeito de questões biológicas, as algas são caracterizadas em dois grandes domínios: o dos procariotas, em que o material genético não se encontra delimitado por um núcleo organizado, e o dos eucariotas, na qual a célula é constituída por organelas e o núcleo celular revestido por uma membrana (MOURITSEN, 2013).

Estes seres podem ser agrupados em duas categorias: das “microalgas”, sendo de baixa dimensão ou microscópicos como o próprio nome sugere, geralmente unicelulares, que se adaptam a diferentes ambientes; e das “macroalgas”, sendo estas macroscópicas ou de grande dimensão, podendo medir até 50 metros de comprimento (KIM, 2015). As microalgas tiveram seu surgimento há cerca de 3 mil milhões de anos, sendo consideradas como os primeiros seres a habitarem o planeta, sendo responsáveis pela modificação da atmosfera primitiva através da produção de oxigênio resultado das atividades fotossintéticas. No caso das macroalgas, estas são consideradas mais recentes perante as microalgas, tendo surgido há cerca de 1,5 mil milhões de anos atrás, tornando-se abundantes entre 800 e 500 milhões de anos (BENGTSON et al., 2017).

3.1. Microalgas

Microalgas são organismos unicelulares microscópicos, variando em tamanho de nanômetros a milímetros, e possuem a capacidade de fotossíntese. Elas são predominantemente encontradas em ambientes aquáticos, tanto em água salgada quanto doce, e podem viver de forma solitária ou em grupos e cadeias. Estima-se que existam cerca de 100.000 espécies de microalgas, embora apenas aproximadamente 35.000 tenham sido identificadas e descritas. Essas populações podem ser categorizadas em diferentes tipos, como filamentosa e fitoplâncton, e são classificadas em várias classes, incluindo diatomáceas, algas verdes, algas verde-azul e algas douradas (JANKOWSKA; SAHU; OLESKOWICZ-POPIEL, 2017).

A maioria desses organismos são autótrofos, o que significa que eles utilizam energia luminosa e nutrientes inorgânicos, como dióxido de carbono, nitrogênio e fosfatos, para produzir os componentes da sua biomassa, incluindo lipídeos, proteínas, carboidratos e pigmentos. No entanto, algumas espécies de microalgas têm a capacidade de crescer em condições mixotróficas ou heterotróficas, além das condições autótrofas (MARKOU, 2013).

As microalgas podem ser encontradas nos mais diversos ambientes ao longo de todo o planeta Terra. Estas são consideradas em algumas categorias, de acordo com o hábito de vida. Existem os microfitobentos, que são as algas que vivem nos sedimentos de ambientes aquáticos como fundo de lagos, mares, etc. As que vivem na coluna d'água, em contato com as correntes, são classificadas como fitoplanctônicas. E aquelas resistentes a superfícies muito frias, como o gelo, fazem parte da crioflora. Ainda assim, existem aquelas que vivem em ambientes terrestres, sobre plantas (epífitas aéreas), rochas (epilíticas aéreas), sobre animais (epizoóicas) ou sobre o solo (LUBIANA, 2014).

O fitoplâncton é o conjunto de organismos aquáticos microscópicos que possuem capacidade fotossintética e a principal comunidade de microalgas. Inseridas neste conjunto, é possível encontrar algas verdes unicelulares como a “chlorella” (*Chlorella vulgaris*, *Chlorophyta*), como também as cianobactérias denominadas “spirulina” (*Arthrospira máxima* e *A. platensis*, *Cyanobacteria*), além de diatomáceas e dinoflagelados (LEITE, 2017).

Reconhecidas como precursoras das plantas, as microalgas estão entre os organismos mais antigos do planeta. Uma das espécies mais antigas de microalgas foi descoberta em uma rocha fossilizada na Austrália Ocidental, datando de aproximadamente 3,4 bilhões de anos, e pertence ao grupo das cianobactérias. Embora as microalgas atuais apresentem semelhanças com aquelas de 2,7 bilhões de anos, alguns pesquisadores acreditam que elas podem ser os ancestrais das plantas terrestres (SAFI et al., 2014).

3.2. Macroalgas

As macroalgas são vegetais marinhos que se assemelham às plantas, porém não possuem vascularização, sendo o corpo representado por um talo. São seres majoritariamente bentônicos, ou seja, vivem aderidos a um substrato e são autotróficos. Em termos taxonômicos, estas podem ser agrupadas em três grupos: algas verdes, algas vermelhas e algas pardas, os quais se distinguem entre si perante características fisiológicas e composição físico-química (VASCONCELOS, 2013).

Se tratando da diferenciação entre os três grupos de algas, pode-se afirmar que as algas verdes ou clorófitas estão inseridas no Reino *Plantae*, pertencendo majoritariamente à divisão *Chlorophyta*, sendo o grupo mais diversificado que abrange cerca de 7000 espécies divididas em cinco classes: *Trebouxiophyceae*, *Chlorophyceae*, *Prasinophyceae*, *Pedinophyceae*, *Ulvophyceae*. Possuem em sua composição os compostos clorofilas dos tipos “a” e “b”, além de outros pigmentos como luteína, que é um carotenóide. Estas, utilizam do amido como reserva

de energia e possuem suas paredes celulares constituídas de celulose. As espécies comestíveis mais utilizadas são: *Ulva compressa* e *Ulva intestinalis* (erva-patinha verde); *Ulva lactuca* e *Ulva rigida* (alface-do-mar) e *Caulerpa lentillifera* (uva-do-mar) (LEITE, 2017).

As algas vermelhas, conhecidas como rodófitas, pertencem ao Reino Plantae, e a maior parte delas é marinha. Essas algas são reconhecidas como uma fonte primordial de metabólitos biologicamente ativos, superando as microalgas verdes e marrons. Na culinária de regiões orientais, elas são frequentemente consumidas e comercializadas como vegetais. Na indústria alimentícia e cosmética, seu uso é comum, atuando como espessantes e gelificantes. Além disso, apresentam um teor significativo de proteína em sua composição, o que as torna potencialmente valiosas para diversas aplicações alimentares, incluindo aquelas de caráter biofuncional. Entre as principais espécies consumidas, destacam-se: *Palmaria palmata* (conhecida como "dulce"), *Porphyra spp.* (chamada "nori" ou erva patinha) e *Chondrus crispus* (também conhecido como musgo irlandês) (PEREIRA, 2016).

As algas castanhas fazem parte da divisão Phaeophyta e são em sua maioria algas marinhas. Estes seres possuem cloroplastos com clorofila "a" e "c", e sua cor característica é proveniente de grandes quantidades de carotenóides fucoxantina. Reservam energia sob a forma de amido e manitol, um álcool poli-hídrico com poder edulcorante e possuem uma estrutura celular composta de celulose e, em certos casos, de alginato. As principais espécies utilizadas diretamente em alimentação são, em sua grande maioria, de origem asiática: *Eisenia arborea* e *E. bicyclis* ("arame"); *Undaria pinnatifida* ("wakame"); *Saccharina japonica* ("kombu"); *Sargassum fusiforme* ("hijiki"). Entretanto, é possível encontrar no Atlântico Norte espécies equivalentes que podem ser empregadas na cozinha devido às propriedades semelhantes, tais como: *Saccharina latissima* ("kombu-real"); *Laminaria ochroleuca* ("kombu-atlântico"); *Alaria esculenta* ("wakame atlântico"). Destaca-se ainda a *Himanthalia elongata* (esparguete-do-mar), espécie que tem alcançado popularidade (LEITE, 2017; PEREIRA, 2016).

4. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS MICROALGAS E MACROALGAS

A composição química das algas varia de acordo com a espécie, habitat, clima e fatores ambientais como luz, temperatura e salinidade. Como uma forma de proteção e adaptação em condições extremas, a maioria destes seres produzem uma variedade alta de compostos em seus organismos, que são considerados benéficos para a saúde humana. Se tratando disso, existe na literatura atual pesquisas que correlacionam o consumo diário de algumas espécies de

macroalgas com a inibição do desenvolvimento de câncer de mama, assim como diabetes *mellitus* (SEVERO et al., 2021).

4.1. Microalgas

Se tratando das microalgas, é demonstrado na literatura que estas são fontes ricas de diversos nutrientes. No caso da *Spirulina*, é considerada uma boa fonte de diversos nutrientes, apresentando um elevado teor de proteína junto de uma composição aminoacídica balanceada, tornando-a desejável como um suplemento alimentar. Em sua biomassa também se encontra um teor elevado de óleo de alta qualidade como os ácidos graxos α -linolênico (ALA), linoléico (LA), ácido estearidônico (SDA), EPA, DHA e AA. Possui em sua composição vitaminas do grupo B, principalmente a B12 e do grupo E. Além disso, o seu conteúdo em vitaminas, como as do grupo B, principalmente a B12, e a vitamina E. Em sua composição também se faz presente diversos minerais, como potássio, cálcio, magnésio e selênio (GROSSHAUER et al., 2020).

Outra microalga bastante conhecida é a *Chlorella*, a qual também possui uma grande variedade de nutrientes. O teor de proteínas em sua composição é de alta e boa qualidade, além de possuir todos os aminoácidos essenciais para humanos (arginina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano, valina e histidina). Algumas de suas espécies podem possuir até 65% da sua composição de carboidratos como fibras alimentares. Sua composição de óleo é baseada na presença de ácido α linolênico e ácido linoléico, possuindo aproximadamente 65-70% do total de ácidos graxos encontrados como ácidos graxos poli-insaturados. Se tratando das vitaminas, é possuidora das mais conhecidas e necessárias aos humanos, sendo B1, B2, B6, B12, niacina, folato, biotina, ácido pantotênico, C, D2, E e K, e α - e β -carotenos (BITO et al., 2020).

Em relação à utilização das microalgas aos humanos, esta tem sido alvo de pesquisa pela comunidade científica ao redor do mundo, devido à sua considerável bagagem de metabólitos como pigmentos, compostos bioativos, polissacarídeos, lipídios, etc. Para isso, a biomassa de microalgas ricas nestes compostos é interessante na produção de biocombustíveis, biofertilizantes, biopolíésteres com propriedades plásticas, entre outros (KOLLER et al., 2014).

4.2. Macroalgas

No que diz respeito às macroalgas, estas são constituídas por uma enorme quantidade de água (80-90%); após um processo de secagem, elas atingem cerca de 50% de hidratos de

carbono, 7-38% são de minerais, uma pequena quantidade de compostos lipofílicos (1-3%), restando quantidades menores de compostos fenólicos e vitaminas. Em relação ao teor de proteína, é possível observar valores entre 10% e 47%, considerando também elevadas quantidades de aminoácidos essenciais. No que diz respeito às fibras, as macroalgas possuem valores entre os 33% e 50%. Além disso, as macroalgas também são fonte de vitaminas solúveis (vitamina B, B2, B3, B5, B12 e C) e insolúveis (vitamina A, E D e K) e de minerais (cálcio, sódio, potássio, iodo, ferro, zinco, entre outros) (MOURA, 2020).

5. PRODUÇÃO MUNDIAL DE ALGAS

Durante muito tempo na história de consumo da biomassa de algas, estas eram provenientes de estoques naturais. Por esse fato, a colheita intensiva e desenfreada levou a uma queda considerável das populações nativas, principalmente aquelas com potencial econômico. No início da década de 1970, ficou claro que grande parte das algas era retirada dos bancos naturais, e que cultivá-las seria a melhor alternativa para expandir a produção. Após à introdução do cultivo de algas no mundo, dados da Organização das Nações Unidas para Alimentação e a Agricultura (FAO) confirmam que 6% da produção mundial de algas é proveniente de extrativismo, sendo que o restante de 94% é produzido por aquicultura, e dessas algas cultivadas, quase 93% são dos gêneros *Laminaria* spp., *Undaria* spp., *Porphyra* spp. e *Gracilaria* spp (NAYLOR, 1976).

No que diz respeito à capacidade produtiva mundial, segundo a FAO, foram produzidas em 2019, pouco mais de 56.450 toneladas de microalgas, sendo a China líder em produção e o principal tipo cultivado foi a *Spirulina*, que contém cerca de 60% a 70% de proteína em base seca (CAI et al., 2021; KOYANDE et al., 2019). Em relação às macroalgas, registrou-se no mesmo ano uma produção de quase 36 milhões de toneladas, sendo a Ásia o continente detentor ‘da maior produção, seguido de países da América, com destaque ao Chile que produziu o equivalente a 87% da produção total do continente americano (CAI, 2021).

Os maiores produtores mundiais de plantas aquáticas, considerando que as algas marinhas representam cerca de 98% do peso total e 95% do valor total de plantas aquáticas cultivadas, estão localizados no Leste e Sudeste da Ásia: China (40,9%), Indonésia (29,3%), Japão (13,2%), Coreia do Sul (8,8%), Filipinas (4,5%), Coreia do Norte (1,2%) e Malásia (1,1%) (LEITE, 2017).

O mercado de algas, especialmente das macroalgas, tem crescido ao longo dos anos. Estatísticas demonstram que no ano de 2025 espera-se uma valorização em pouco mais de 30

bilhões de dólares e taxa de crescimento anual composta de quase 13%. Nesse sentido, a aplicação de algas na indústria alimentícia é a que mais cresce devido à alta aplicabilidade de biomassa nesse setor. Está previsto até 2028, uma valorização de quase 2 bilhões de dólares em relação ao mercado de algas, com uma taxa de crescimento anual composta correspondendo a cerca de 10% entre 2021 e 2028, em grande parte devido à produção voltada para o mercado vegetariano; nutracêutico e de suplementos (METICULOUS MAERKET RESEARCH, 2021).

Em respeito à aquicultura, à União Europeia se destaca pelo cultivo de microalgas com propósitos diversos, não possuindo foco apenas na alimentação. Devido a grandes incentivos, muitas companhias adentraram ao mercado produtivo de biocombustíveis. No entanto, a baixa produtividade e os custos altos fizeram com que estas empresas migrassem para atividades com maior valor agregado, como setores de farmácia, cosmética e alimentação (ENZING et al., 2014). Vale ressaltar que, à tendência de expansão no consumo de algas marinhas tem feito com que a Comissão Europeia preparasse um conjunto de medidas para aumentar a produção sustentável de algas, garantindo um consumo seguro deste alimento e apoiando as inovações no setor (DENIS LOCTIER & EURONEWS, 2022).

Em relação ao mercado europeu de produtos de algas, estima-se um crescimento de 43% entre 2016 e 2023 (Figura 1), prevendo um valor de 1240 milhões de euros até 2023 e um valor total mundial de 4810 milhões de euros. A América do Norte e a Ásia-Pacífico serão as regiões com maior representação de mercado. Mais especificamente, as projeções mostram que o tamanho do mercado global de proteínas de algas dobrará aproximadamente entre 2016 e 2023 e estima-se que valerá cerca de 928 milhões de euros (STATISTA, 2020). Essa expansão no valor de mercado de inúmeras regiões ao redor do mundo, pode ser explicada não apenas pelo avanço tecnológico de algas, mas também pelas tendências recentes que demonstram uma demanda significativa por produtos ecologicamente corretos entre as sociedades industrializadas ocidentais, que têm o benefício de níveis mais altos de educação e recursos para promover o crescimento de novos segmentos de mercado (MENDES et al., 2022).

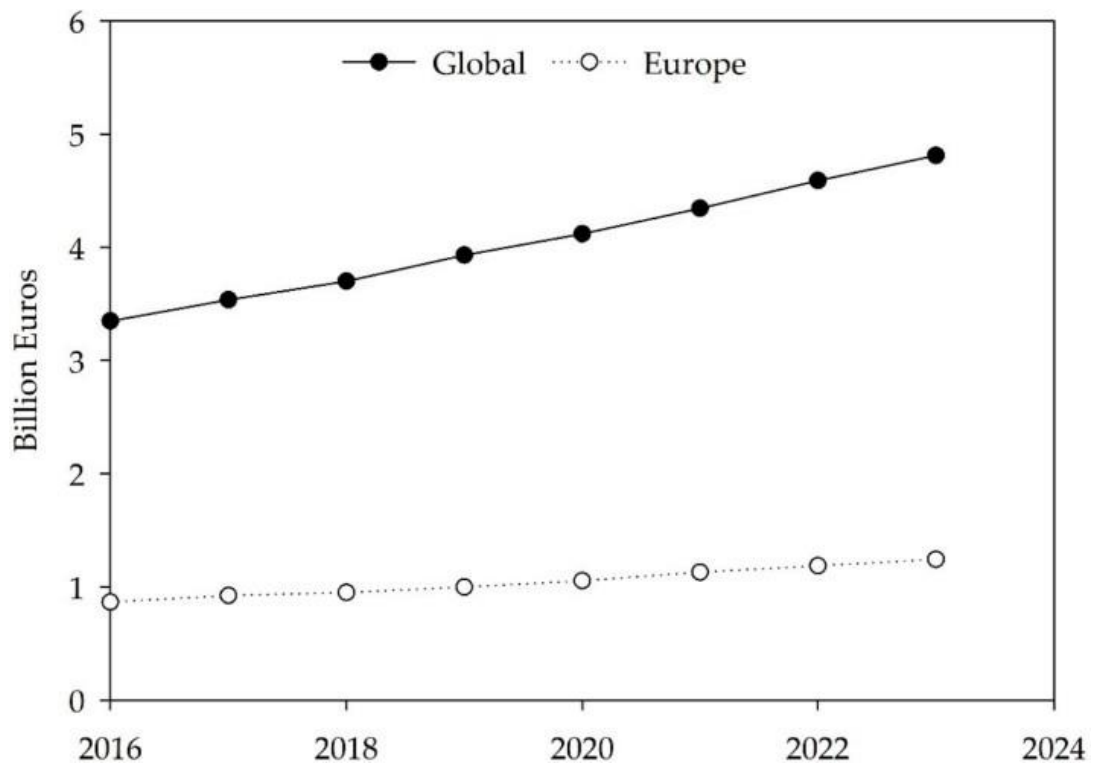


Figura 1. Tendências do mercado global e europeu de algas de 2016 a 2023. Dados de STATISTA (2020).

5.1. Cenário brasileiro na produção de algas

O Brasil é um país possuidor de uma extensa região costeira (equivalente a quase 11 mil km no total) (MATOS, 2021).

No que diz respeito às macroalgas, alguns estados possuem destaque em seu cultivo: Rio de Janeiro e São Paulo, possuindo cultivos em escala comercial para a produção de carragena, mas ainda insuficiente para as demandas da indústria. (PELLIZZARI; REIS, 2011). Santa Catarina possui uma produção focada na Maricultura, onde a *Gracilaria domingensis* e *Kappaphycus alvarezii* tem cultivos consolidados e em escala comercial (HAYASHI et al., 2010). Estados como Paraná e Rio Grande do Sul não possuem cultivos em larga escala, apenas em âmbito laboratorial.

No contexto das microalgas, grande parte dos esforços de pesquisa e investimento está direcionada para a produção de biocombustíveis. Isso se deve ao crescente interesse global pelas biorrefinarias, que visam reduzir os custos ao mesmo tempo que ampliam a produção e o comércio desses microrganismos (FIGUEIREDO, [s.d.]). Embora o mercado alimentício ainda não valorize amplamente as microalgas, no Nordeste existem empresas, como a Fazenda Tamanduá, que produzem *Spirulina* para alimentação humana e animal. Além disso, no interior

de São Paulo, essas microalgas também são cultivadas para atender indústrias, incluindo a de biocombustíveis (CHIES, 2017). No Norte do país, empresas como a MAD4Life oferecem produtos alimentícios à base de Spirulina, como a "Proteína Florestal" (OLIVEIRA, 2022).

O cultivo de algas tem se expandido no país, com previsões de aumento na produção para 2023 e nos próximos anos. A atividade é impulsionada pelo baixo custo de produção e pelos incentivos oferecidos por órgãos de assistência técnica, extensão rural e pesquisa. Embora ainda não sejam oficialmente classificados como biofertilizantes, os extratos de algas e os estimulantes foliares estão ganhando popularidade na agricultura. Além disso, as algas também têm sido utilizadas na culinária e na produção de cosméticos (MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA, 2023).

5.2. Cenário português na produção de algas

Em Portugal, foi durante o século XIV que se descreveu pela primeira vez uma coleção tradicional de algas e respectivas utilizações. A primeira regulamentação perante a apanha de algas nas zonas costeiras do país foi realizada pelo rei D. Dinis em 1308. Durante a Segunda Guerra Mundial, Portugal obteve destaque na indústria produtora de ágar, sendo uma necessidade que surgiu após o declínio das importações de ágar produzidas no Japão para o continente Europeu, e pela qualidade das algas vermelhas *Gelidium corneum* e *Pterocladia capillacea*, ambos presentes em abundância na costa Portuguesa (FREITAS, 2020).

Na Europa, as microalgas são comumente produzidas em fotobiorreatores em condições fechadas e condições fechadas e controladas. Alemanha, França e Espanha abrigam o maior número de produtores. No entanto, é em Portugal que se encontram as maiores e mais antigas empresas de produção de microalgas das empresas da UE (FOODS, 2022). Há empresas como a Iberoagar (Barreiro, Lisboa) atuando no setor de ficocolóides, a Alga+ (Ílhavo, Aveiro) 22 focada em aquacultura multitrófica integrada de macroalgas alimentícias e mais quatro empresas no campo das microalgas: ALLMA – "All Micro Algae" (Lisboa) 23; A4F and "AlgaFarm" (Patais, Leiria) 24; "Necton" (Algarve) 25; "Buggy Power" (Porto Santo, Madeira).

Atualmente, a comercialização de algas como alimento em Portugal, ainda ocupa apenas um nicho, não sendo comercializadas em larga escala, nem encontradas à venda exceto em grandes superfícies ou lojas especializadas. No entanto, acredita-se que esta situação venha a mudar, graças ao crescente contributo da Ciência para a descoberta e divulgação do potencial das microalgas na alimentação, aliado a crescente procura por alimentos naturais e funcionais (FREITAS, 2020).

6. APLICAÇÕES DE ALGAS AO CONSUMO HUMANO

6.1. Perspectiva histórica

De acordo com registros históricos, as algas estão presentes na alimentação humana há muitos anos. Perante achados arqueológicos em Monte Verde (Chile), à população daquela região coletava algas para alimentação e medicina há 14.000 anos (DILLEHAY et al., 2018). No caso da China, o consumo de algas marinhas foi registrado desde 500 aC (PEREIRA, 2016). Pessoas que vivem em ilhas, onde a adoção da agricultura convencional é difícil, têm contado com o mar como sua principal fonte de alimento, atribuindo às algas marinhas um elemento importante em suas dietas (JOHNSTON, 1966).

Na Europa, acredita-se que as algas tenham sido utilizadas para consumo humano durante séculos, apesar de ser um recurso muito menos explorado comparado com o consumo no continente asiático (KRAAN, 2011). Os registros arqueológicos são escassos, mas é possível afirmar que a utilização de algas remonta à Era de Hipócrates (século V e IV a.C.), quando as algas marinhas eram queimadas e consumidas como suplementos dietéticos para fins medicinais. Algas marinhas desempenharam um papel importante na subsistência dos povos que vivem no litoral, em países como Portugal, Espanha, França, Reino Unido, Irlanda, Dinamarca, Noruega e Islândia, sendo coletados manualmente, sem qualquer mecanização ou equipamento (MOURITSEN, 2019; PEREIRA, 2015; TEAS, 2004; MCDOWELL, 1992).

De maneira geral, nos países do Ocidente a produção de algas marinhas tem sido associada principalmente na extração de ficocolóides para implementar na indústria alimentícia (KLNC, 2013). Na metade do século XX, George Ohsawa (filósofo japonês), popularizou o movimento de estilo de vida alimentar macrobiótico na Europa, sendo este um movimento que promove a ingestão regular de algas marinhas na dieta (CALADO, 1976; KUSHI, 2001). Neste mesmo período, devido à Segunda Guerra Mundial à necessidade de bacteriologia e penicilina a partir do ágar provocou uma busca urgente por fontes de ágar alternativas às importações japonesas e norte-americanas do período anterior à guerra. Sendo assim, a indústria de ficocolóides surgiu na Grã-Bretanha, dando espaço para uma produção posterior em países como Portugal continental, Espanha, França, Itália e até nas ilhas Açorianas.

No caso das microalgas, o uso mais antigo documentado como alimento foi há 1.500 anos na China (SPOLAORE, 2006). As espécies de Nostoc são alimentos tradicionais na China (chamadas de "Fa cai"), na Mongólia e na América do Sul (chamadas de "Cushuru"). A *Arthrospira* (também conhecida como "Spirulina") foi historicamente colhida pelos astecas que

viviam perto do Lago Texcoco, conforme registrado no século XIV como ingrediente de um bolo seco chamado "Tecuitlatl" (FARRAR, 1966). No continente africano, desde o século IX, a população local do Chade também colhia espirulina, conhecida localmente como "Dihé", do Lago Kossorom; a espirulina era seca ao sol para uso em pratos como caldos de carne e vegetais e vendida em mercados locais ou para atacadistas (GANTAR, 2008; AARONSON, 1986).

Devido a essas descobertas históricas que uma série de estudos em relação à aplicabilidade das microalgas foi instaurado a partir do final da década de 1960, os quais impulsionam o interesse global na Spirulina em termos de produção em massa. Quando esta começou a adquirir reputação, no ano de 1967 foi classificada como uma "maravilhosa fonte de alimentos para o futuro" pela Associação Internacional de Microbiologia Aplicada e, mais tarde, foi reconhecida como "o melhor alimento para o futuro" pela Conferência Mundial de Alimentos da Organização das Nações Unidas (ONU) de 1974 (CIFERRI, 1983).

O histórico da utilização de microalgas e algas marinhas para produção de alimentos, suplementos e ficocolóides está representado na Figura 2.

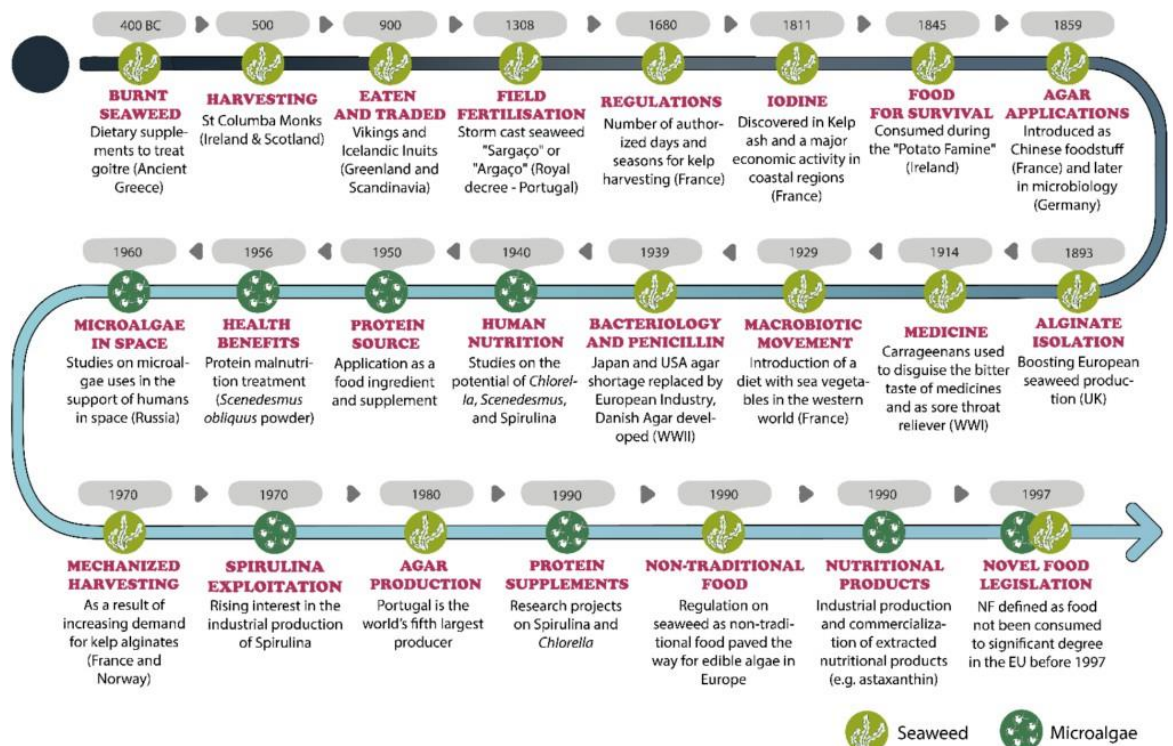


Figura 2. Histórico da utilização de microalgas e algas marinhas. Dados de MENDES et al., 2022.

6.2. Desafio do consumo de algas como alimento

Apesar do consumo histórico de algas como alimento e de seus benefícios nutricionais e de saúde associados, ainda existem barreiras que bloqueiam seu progresso dos atuais nichos de mercado para mercados maiores. Os principais motivos são restrições de produção, altos custos, preocupações ambientais, saúde e segurança, legalidade e percepção do produto pelos consumidores (Tabela 1).

Challenges	Description
Production constraints	Scale-up system Contaminants
High costs	Capital and operational costs at upstream and downstream production processes
Environmental concerns	Resources (energy, water, and fertilizer) demand Not yet a priority of consumers
Health safety	Algae toxicity Contaminants (nonbiological and biological)
Legality	Legal approval for consumption and commercialization
Consumer's perception	Colour, odor, flavor, and texture

Tabela 1. Desafios do consumo de algas como alimento. Dados de MENDES (2022).

6.2.1. Restrições da produção

O crescimento eficiente de algas depende de condições alinhadas entre os fatores abióticos (por exemplo luz, temperatura, pH, nutrientes e teor de oxigênio dissolvido), dos fatores biológicos (por exemplo, bactérias, vírus, fungos, epífitas, bioincrustação e ciclos de vida) e dos fatores operacionais (por exemplo, taxa de diluição, estresse de cisalhamento e métodos de coleta) (SHEN, 2009). Uma vez que esses organismos estão sendo produzidos em escala laboratorial, tais fatores são facilmente controlados, possibilitando alcançar altas taxas de produção. No entanto, o desafio se inicia justamente com a necessidade de um aumento na escala produtiva, e para isso, torna-se necessário o aumento paralelo dos recursos humanos qualificados, mecanização e automação nas operações.

6.2.2. Saúde e Segurança Alimentar¹

A composição bioquímica e as propriedades bioativas das algas são os principais fatores que as tornam potencialmente úteis para a nutrição humana. Os compostos que possuem que são mais atrativos são polissacarídeos isolados (por exemplo, alginato e fucoídan), proteínas (ficobiliproteínas), polifenóis (por exemplo, clorotanos), carotenóides (p. ex., fucoxantina) e

¹ O conceito de Segurança Alimentar em Portugal é o mesmo que o conceito de Segurança de Alimentos no Brasil, ou seja, ambos nesse caso, dizem respeito a “prática de medidas que garantam a qualidade do produto desde o campo até a mesa do consumidor.”

ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa n-3 (p. ex., ácido eicosapentaenoico). Há algum tempo que as características bioquímicas e funcionais das algas vêm sendo amplamente examinadas com apoio de novas técnicas de análise, as quais permitiram o descobrimento de compostos tão ricos como proteínas, lipídeos, polissacarídeos, pigmentos e outros nesta matéria-prima (CHERRY, 2019).

6.2.3. Toxicidade e Alergênicos

Os fatores toxicológicos das algas também devem ser considerados, visto que diversos estudos afirmam a autoprodução ou o acúmulo de substâncias tóxicas em seus organismos. Foi em 1970 que se aprofundaram estudos e que estes começaram a ser promovidos, permitindo a aprovação do consumo de microalgas em pequenas doses. Houve estudos que demonstraram que o consumo de até 100g de microalgas não acarretava alterações nos índices metabólicos; no entanto, em dosagens mais altas, foi-se constatado mudanças na saúde e na assimilação de certos micronutrientes como cálcio e magnésio. Existem toxinas naturais, denominadas de cianotoxinas, por serem produzidas por cianobactérias, sendo contaminantes químicos comuns em culturas de larga escala (PEREIRA, 2019). De fato, a *Chlorella* sp. disponível comercialmente, vendida como suplemento alimentar, foi encontrada contaminada com anatoxina, um composto produzido por cianobactérias que, em altas concentrações, pode danificar o fígado ou o sistema nervoso e causar a morte de pessoas e animais; portanto, é necessária uma análise toxicológica para o controle do produto (SÁNCHEZ PARRA, 2020).

6.2.4. Contaminantes minerais

Apesar dos metais pesados não serem normalmente encontrados nas algas em quantidades que excedam os limites legais de presença, o consumo frequente e desenfreado desses organismos pode apresentar riscos em relação ao conceito de bioacumulação de compostos. A absorção de metais pesados pelas algas depende do tipo de espécie e das condições ambientais como luz, temperatura, pH, salinidade e níveis de nitrogênio. Houve estudos que encontraram metais pesados tóxicos como arsênio, níquel e chumbo em concentrações distintas entre 10 produtos comerciais provenientes de microalgas, embora estivessem em níveis abaixo dos limites de segurança, de acordo com a Autoridade Europeia de Segurança Alimentar (EFSA) (SÁNCHEZ PARRA, 2020). Nas algas marinhas a preocupação com o acúmulo de metais pesados segue sendo a mesma, especialmente quando a biomassa é diretamente colhida da natureza. Em relação aos metais arsênio, cádmio e chumbo, algumas espécies de algas marrons podem absorver mais de 80% dos metais solúveis na água e, portanto, precisam ser monitoradas de perto (PACKER, 2016). Apesar do reconhecimento

sobre essas contaminações minerais nas algas, as avaliações de saúde do consumo de algas são escassas na Europa, mas é urgentemente necessário que as autoridades estabeleçam regulamentações e forneçam recomendações precisas para o consumo.

6.2.5. Contaminantes microbiológicos

As etapas de manipulação e processamento das algas deve ser feita com cautela visto que neste período reside uma probabilidade alta de contaminação cruzada com vírus, bactérias, fungos e protozoários, moléculas orgânicas, como príons, toxinas naturais e poluentes orgânicos persistentes (WHO, 2019). À proliferação de organismos contaminantes e patogênicos pode ocorrer se os métodos de preservação não forem adequados no momento da colheita das algas. Para isso, existem diretrizes de segurança alimentar bem estabelecidas, como a Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC).

7. LEGISLAÇÕES DO CONSUMO DE ALGAS EM PAÍSES DETERMINANTES

A introdução das algas na dieta humana vem se concretizando cada vez mais ao redor do mundo. Para que esse consumo possa ser considerado seguro à saúde, legislações específicas e órgãos de normas alimentares criam documentos que permitam que os setores envolvidos na produção desses alimentos fiquem cientes dos padrões de qualidade e segurança acerca do produto em questão. No caso das algas, as categorias que elas abrangem vão desde alimentos, incluindo suplementos e aditivos alimentares, alimentos para animais, nutracêuticos, cosméticos, materiais de embalagem, fertilizantes, bioestimuladores e biocombustíveis (MENDES, 2022).

No caso dos EUA, um país de grande relevância na produção de alimentos, mantém a seguridade de gêneros alimentícios, incluindo os produtos à base de algas, por meio da Food and Drug Administration (FDA), uma agência reguladora ligada ao departamento de saúde e serviços humanos do governo. Esta concede o estatuto de "geralmente reconhecida como segura" (GRAS) a qualquer substância considerada segura para consumo humano (GÁRCIA, 2017). O estatuto GRAS é exigido para qualquer organismo que vá ser utilizado como alimento ou ingrediente alimentar e pode ser obtido de duas formas: (a) através de provas documentadas de consumo por seres humanos durante um longo período e (b) através de provas científicas que demonstram que uma substância é segura nas condições da sua utilização prevista. No entanto, sempre que qualquer nova substância introduzida nos alimentos é considerada um aditivo alimentar, tem de ser sujeita a uma análise e aprovação pré-comercialização pela FDA,

que determina a segurança do ingrediente, a menos que um consenso entre peritos qualificados já tenha reconhecido a substância como sendo segura (TORRES-TIJI, 2020).

Em relação à China, outra líder mundial na produção de alimentos, também vem aprimorando as regulamentações de novos alimentos no país, justificadas pelo desenvolvimento das indústrias alimentícias e à cultura alimentar de longa duração. As medidas administrativas chinesas que asseguram à revisão de novas matérias-primas alimentares determinaram que na Lei de Segurança Alimentar de 2009, os “novos alimentos” fossem substituídos por “novas matérias-primas alimentares” as quais se referem à: (a) animais, plantas, (a) animais, plantas e microorganismos; (b) ingredientes extraídos de animais, plantas e microorganismos; (c) ingredientes alimentares cuja composição original tenha sido alterada; e (d) outras matérias-primas alimentares recentemente desenvolvidas, que não fazem parte dos hábitos alimentares tradicionais na China. A China possui uma comissão denominada Comissão Nacional de Saúde (NHC) à qual é responsável pela revisão de materiais para a avaliação da segurança de novas matérias-primas alimentares, com a emissão de uma licença e pela realização da aprovação pré-mercado de novos produtos alimentares. A legislação relativa aos produtos à base de algas traduz majoritariamente nas microalgas, uma vez que algumas algas marinhas já foram aceitas pelos chineses, durante muitos anos, como um alimento tradicional e não como um novo alimento. Além disso, os produtos à base de algas podem também ser aprovados como "Alimentos para fins médicos especiais", com um certificado de validação de 5 anos emitido pelo Centro de Avaliação de Alimentos da Administração Estatal para a Regulamentação do Mercado da China (SUN, 2015).

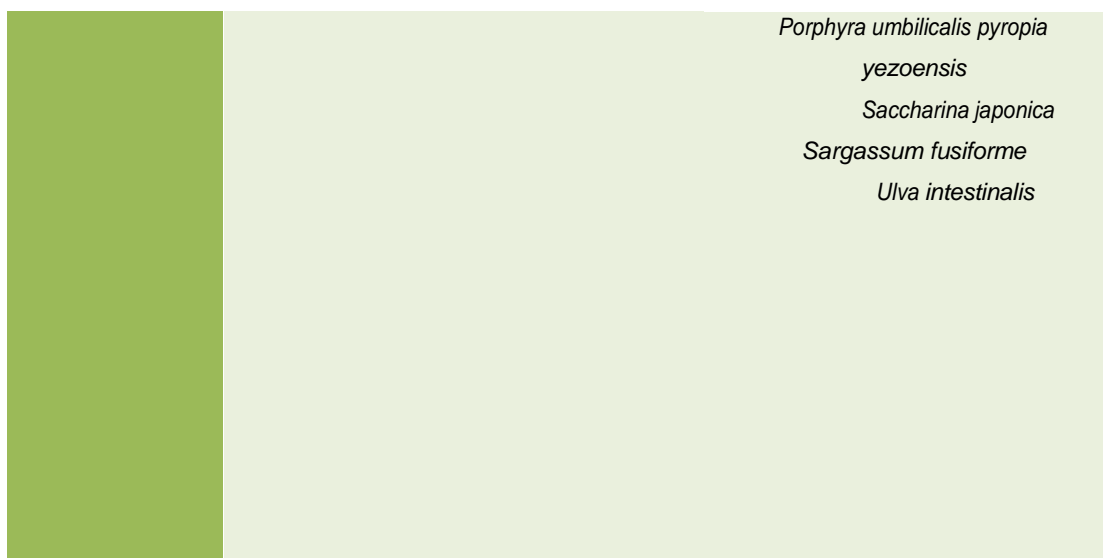
Ao se comparar a atuação desses dois países frente à União Europeia, pode-se dizer que eles compartilham um sistema semelhante para regular os novos alimentos, dentro de algumas perspectivas comuns.

7.1. Legislação sobre algas na União Europeia

No que diz respeito à inclusão de biomassa de microalgas e seus derivados em alimentos, a União Europeia (UE) estabeleceu através do Regulamento 258/97 que microalgas utilizadas como ingredientes alimentares antes de 15 de maio de 1997 não são classificadas como "novos alimentos" ou "novos ingredientes". Isso significa que podem ser adicionadas em quantidades ilimitadas. Por essa razão, a incorporação de biomassa de microalgas ou derivados de espécies como *Limnospira platensis* (Spirulina), *Chlorella vulgaris*, *Chlorella luteoviridis* e *Chlorella pyrenoidosa* tem sido objeto de intensos estudos.

A Autoridade Europeia para a Segurança Alimentar (EFSA) é responsável por fornecer suporte científico à Comissão Europeia sobre os riscos potenciais relacionados aos alimentos. O Regulamento de Novos Alimentos da UE atualmente em vigor é o 2017/2470, que publica uma lista de novos alimentos aprovados como seguros para a saúde humana pela EFSA (MENDES et al., 2022). Esta lista, apresentada no Catálogo de Novos Alimentos (CNA), é abrangente e inclui uma variedade de algas aprovadas tanto como alimentos quanto como suplementos alimentares (Tabela 2).

	Microalga	Microalga
Espécies de algas e seus derivados presentes no Regulamento(UE) 2017/2470	Óleo da microalga <i>Ulkenia sp. Odontella aurita</i> Óleo rico em DHA e EPA de <i>Schizochytrium sp.</i> Óleo de <i>Schizochytrium sp.</i> (ATCC PTA-9695) Óleo de <i>Schizochytrium sp.</i> (FCC-3204) Óleo de <i>Schizochytrium sp.</i> (T18) Óleo de <i>Schizochytrium sp.</i> (WZU477) Liofilizado da microalga <i>Tetraselmis chuii</i> Óleo da microalga <i>Ulkenia sp.</i> <i>Euglena gracilis</i> Desidratada	Florotaninos de <i>Ecklonia cava</i>
Novas espécies aprovadas para o Catálogo de Novos Alimentos (atualização: 10.01.2024)	<i>Chlorella sorokiniana</i> <i>Dunaliella salina</i> (Dunal) <i>Graesiella emersonii</i> <i>Haematococcus lacustris</i> <i>Jaagichlorella luteoviridis</i> <i>Limnospira fusiformis</i> <i>Limnospira indica</i> <i>Limnospira maxima</i> <i>Parachlorella Kessleri</i> <i>Scenedesmus vacuolatus</i> <i>Spirulina major</i>	<i>Alsidium helminthochorton</i> <i>Corallina officinalis</i> <i>Durvillaea antarctica</i> <i>Ecklonia cava</i> <i>Erythroglossum laciniatum</i> <i>Eucheuma denticulatum</i> <i>Eucheuma horridum</i> <i>Gelidium amansii</i> <i>Gelidium corneum</i> <i>Gracilaria gracilis</i> <i>Laminaria hyperborea</i> <i>Macrocystis pyrifera</i> <i>Mastocarpus stellatus</i> <i>Neopyropia leucosticta</i> <i>Porphyra dioica</i> <i>Porphyra purpurea</i>



<i>Porphyra umbilicalis pyropia</i>
<i>yezoensis</i>
<i>Saccharina japonica</i>
<i>Sargassum fusiforme</i>
<i>Ulva intestinalis</i>

Tabela 2. Espécies de algas e seus derivados aprovados e presentes no Regulamento (UE) 2017/2470, além de espécies de algas recentemente aprovadas no Catálogo de Novos Alimentos, consideradas como alimentos seguros na União Europeia.

7.2. Legislação Portugal

Em Portugal, ainda não há uma legislação específica que regule esse novo setor alimentar, pois a pressão do mercado sobre esses produtos permanece limitada. No entanto, a demanda por alimentos dietéticos e macrobióticos, assim como a diversificação dos hábitos alimentares, está crescendo rapidamente, indicando que essa situação poderá mudar em breve. (PEREIRA, 2021).

7.3. Legislação Brasil

No Brasil, o órgão associado ao Ministério da Saúde que regulamenta processos envolvidos na fabricação e comercialização de produtos voltados para o consumo humano é a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) (ANVISA, 2021). Perante a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) N° 243/2018 que dispõe sobre requisitos de qualidade, segurança, composição e rotulagem de suplementos alimentares, atrelada as IN N° 28/2018 que traz sobre as listas de constituintes, de limites de uso, de alegações e de rotulagem complementar dos suplementos alimentares, é possível identificar a permissão de se utilizar algas tanto de forma integral, como promotoras de algum outro ingrediente para incorporar a formulação de suplementos (ANVISA, 2018).

Em relação aos conceitos de novos alimentos e novos ingredientes, a ANVISA determina por meio da RDC N° 839/2023, a qual dispõe sobre a comprovação de segurança e a autorização de uso de novos alimentos e novos ingredientes, o conceito de “histórico de

consumo seguro”, que exige evidências do consumo de alimento com composição conhecida como parte da dieta da população geral ou de subpopulações em diferentes áreas regionais do país, por pelo menos 25 anos, em quantidades e forma de uso semelhantes aos utilizados na alimentação regular, sem considerar o uso na medicina tradicional, como medicamento ou suplemento alimentar. Além disso, o Art. 25 dessa mesma Resolução, impõe que, para fins de identificação e avaliação de potenciais perigos, sejam enviadas informações sobre:

- I - Forma, níveis e extensão de consumo como alimento ou para finalidade alimentar;
- II - Pesquisas sobre aquisição ou consumo alimentar, quando disponíveis;
- III - dados sobre vigilância de efeitos adversos à saúde, quando disponíveis;
- IV - Avaliação por Autoridades Reguladoras Estrangeiras, quando disponível;
- V - Histórico de comercialização em outros países, quando disponível.

De maneira geral, o órgão regulatório disponibiliza uma ferramenta que permite a consulta de novos ingredientes e de novos alimentos aprovados contendo informações acerca das doses mínimas e máximas permitidas e de especificações publicadas, como os “Food Chemicals Codex” (FCC) (ANVISA, 2021).

8. ALGAS E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA UNIÃO EUROPEIA

A pesquisa e desenvolvimento em biotecnologia de microalgas remonta ao século XIX; desde então, as tecnologias evoluíram, levando à melhoria contínua dos sistemas de produção. Temas de grande importância como da Economia Azul (uso sustentável dos recursos aquáticos), consideram estudos como à biotecnologia de microalgas de extrema relevância ao seu desenvolvimento. Projetos de desenvolvimento da Economia Azul teve um valor estimado de 2,4 milhões de euros a nível mundial em 2011, sendo que na UE, tem-se um valor acrescentado bruto de 0,8 mil milhões de euros, o que representa cerca de 30% do valor das atividades globais (EUROPEAN COMMISSION, 2012).

No que diz respeito à indústria alimentar europeia de algas marinhas, as Diretrizes Europeias Phycomorph para a Aquicultura Sustentável de Algas Marinhas (PEGASUS) apresentaram os principais desafios e recomendações de investigação como:

- a. Aumentar as análises de risco-benefício de algas marinhas, com conhecimento adicional sobre a especiação de iodo/forma química e biodisponibilidade;
- b. Padronizar e definir as classes de compostos químicos, atividades, rastreabilidade, métodos e identificação de espécies;

c. Para investigar mais a fundo a domesticação de novas espécies, os efeitos da preservação métodos e tratamentos em biomassa, e definir os melhores procedimentos de armazenamento e melhores práticas para avaliação do prazo de validade dos produtos; e

d. Implementar painéis de avaliação sensorial (PANGESTUTI, 2011).

As principais áreas dos projetos com utilização de algas financiados pela União Europeia estão demonstradas no gráfico abaixo:

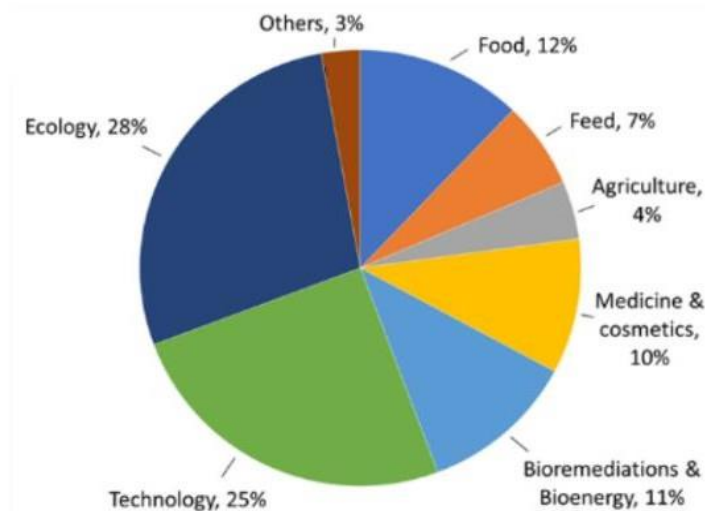


Figura 3. Principais áreas de financiamento da União Europeia para projetos relacionados às algas (EU Open Data Portal).

Os recursos provenientes de algas desempenham um papel cada vez mais importante nas estratégias europeias de crescimento azul e bioeconomia e prevê-se que a produção europeia cresça dramaticamente devido ao aumento contínuo dos interesses do mercado global nos recursos de algas marinhas. A maioria dos projetos financiados pela UE utilizam-se da impressão digital verde e os aspectos de sustentabilidade dos produtos ou processos de algas para promover um modo de vida mais sustentável. Geralmente, temas como o consumismo verde estão diretamente relacionados com os argumentos construídos para o desenvolvimento de projetos e produtos com algas na alimentação.

Na verdade, as tecnologias de algas apresentam vantagens em comparação com as abordagens tradicionais para uma determinada aplicação. Por exemplo, as algas podem ser uma fonte de alimento em áreas onde não há terras aráveis ou água potável disponíveis e, portanto, não competem necessariamente com a agricultura. Além disso, os lipídios ou proteínas insustentáveis à base de peixe e soja presentes nos alimentos e rações são substituíveis por

produtos de algas, reduzindo a pesca excessiva e a desflorestação. Esta abordagem reduz a eutrofização e a contaminação do ambiente e permite a recirculação de recursos limitados e valiosos (por exemplo, fósforo) (SCHULZE, 2017).

9. ALGAS EM APLICAÇÕES ALIMENTARES

De acordo com as características nutricionais e propriedades tecnológicas das microalgas e macroalgas apresentadas previamente neste trabalho, nota-se um crescimento acelerado de aplicações industriais de produtos alimentícios que levam em sua composição as algas, tanto como uma forma de aprimorar nutricionalmente aquele alimento, como também para enaltecer suas características sensoriais, à exemplo da cor. Dessa forma, produtos como bebidas, doces, massas, bolachas e até sorvetes estão sendo encontrados no mercado emergente. A tabela 3 demonstra os novos produtos à base de algas lançados recentemente no mercado, elencando as informações na ordem do produto alimentício desenvolvido, a categoria em que está inserido, a empresa produtora, o país de origem, a espécie da alga e o link de referência.

Produto Desenvolvido	Categoria	Empresa	País de Origem	Espécie da Alga	Referência
Água de Kefir	Bebida	Purearth	Reino Unido	Arthrospira platensis (Spirulina)	https://purearth.co.uk/product/lemon-spirulina-kefir/
Água de Spirulina	Bebida	Smart Chimp	França	Arthrospira platensis (Spirulina)	https://world.openfoodfacts.org/product/3770005226039/smart-chimp
Algas espaguete do mar	Alimento	Wissi	Portugal	Himanthalia elongata	https://www.continente.pt/produto/algas-espaguete-do-mar-biologicas-wissi-7472965.html?cgid=home
Barra de Frutas	Alimento	Kräuterhaus Sanct Bernhard	Alemanha	Arthrospira platensis (Spirulina)	https://www.kraeuterhaus.de/de-DE/produkte/bio-

					fruchtriegel-spirulina-zitrone
Barra de Chocolate Orgânica	Alimento	LifeFood	República Tcheca	Arthrospira platensis (Spirulina)	https://pyszneeko.pl/product-pol-1832-Baton-Czekoladowy-z-Bialkiem-Konopnym-i-Spirulina-LIFEBAR-BIO-47g-Lifefood.html?query_id=4
Chocolate	Alimento	Gobeche	Brasil	Chlorella	https://www.gobeche.com.br/loja/detalhes/tabletes-chocolate-verde-chlorella-limao-gobeche-adocado-com-acucar-400g
Cookie	Alimento	Zaara Biotech	Índia	Arthrospira platensis (Spirulina)	https://www.amazon.in/Blite-Spirulina-Choco-Cookies-Chips/dp/B07XF13HRG
Cookie	Alimento	Joule Food	Índia	Arthrospira platensis (Spirulina)	https://www.amazon.in/Spirulina-Digestive-Preservatives-Enriched-Ingredients/dp/B09PZZJ7V1?th=1
Conserva de sardinha com alga	Alimento	Tok de Mar	Portugal	Ulva rigida, Fucus vesiculosus	https://algaplus.lojasonline.pt/product/conserva-de-sardinha-com-algas-em-azeite-120g

Iogurte	Alimento	Nobel Headquarte rs (ノーベ ル 本 社)	Japão	Chlorella	https://www.e-nobel.jp/products/chlorella-aloe/
Leite fermentado	Bebida	(株)クロ レラ本社	Japão	Chlorella	https://chlorellalabe.co.jp/product/product02/p02-001/
Macarrão	Alimento	Sun Chlorella	Estados Unidos	Chlorella	https://www.amazon.ae/Sun-Chlorella-Udon-Noodles-220/dp/B089X8JDLL
Macarrão	Alimento	Pasta Natura	Itália	Arthrospira platensis (Spirulina)	https://olico.it/en/819-penne-organic-gluten-free-pasta-with-spirulina-algae-250-gr.html
Ômega 3	Suplemento	Garden of Life	Estados Unidos	Schizochytrium sp.	https://www.amazon.com/Garden-Life-Vegan-DHA-Supplement/dp/B003B6Y0CE/ref=sxin_14_p
Pigmento Azul	Corante alimentício	Smart Organic	Bulgária	Arthrospira platensis (Spirulina)	https://smartorganic.com/product/blue-spirulina-tablets-bio-dragon-superfoods/
Shot	Bebida	BumblueZe st	Reino Unido	Arthrospira platensis (Spirulina)	https://b-zest.co.uk/shop/health-shots/cbd-shot/

Sorvete	Alimento	Landgren Lab	Suécia	Arthrospira platensis (Spirulina)	https://landgrenlab.se/
Suco Detox Multifrutas	Bebida	Rabenhorst	Alemanha	Arthrospira platensis (Spirulina)	https://pyszneeko.pl/product-pol-14853-Sok-Wielowocowy-Detox-Z-Burakiem-Matcha-I-Spirulina-Nfc-Bio-750-Ml-Rabenhorst.html?query_id=4
Salada de algas	Alimento	Yangt-Tse	Japão	Undaria pinnatifida, Gelidium sp., Gigartina sp.	https://www.auchan.pt/pt/alimentacao/sabores-do-mundo/cozinha-asiatica/frutas-e-vegetais/salada-yang-tse-de-alga-15g/3151328.html
Suco	Bebida	Hapi-ora limited	Nova Zelândia	Arthrospira platensis (Spirulina)	https://hapi.nz/products/green-multi-juice
Tempero para pizza	Condimento/Especiaria	Teksloo Seafood	Noruega	Porphyra umbilicalis	https://teksloseaweed.no/produkt/pizza-krydder/

Tabela 3: Listagem de produtos à base de algas lançados no mercado de diversos países. Fonte: Autoria própria.

10. ALGAS E SEUS BENEFÍCIOS NA SAÚDE

É sabido que as algas possuem grande potencial para a saúde dos consumidores devido a presença de inúmeros compostos bioativos em sua composição, como proteínas e peptídeos, carotenoides, fitoesteróis, polissacarídeos, ácidos graxos e compostos fenólicos (SINGH et al., 2021). Em relação ao perfil proteico, algumas espécies de algas se tornaram referências nesse quesito, como as microalgas *Chlorella* e *Arthrospira platensis*, as quais possuem quantidades

entre 50 e 70% de proteína (KOSE et al., 2017), tendo também a macroalga vermelha *Porphyra yezoensis* com 47% de proteína na matéria seca (FLEURENCE; MORANÇAIS; DUMAY, 2018).

Estudos mais aprofundados compararam o perfil aminoacídico de algumas microalgas e macroalgas com fontes de proteína animais e vegetais, visando demonstrar as boas quantidades de aminoácidos essenciais que as algas possuem.

Tabela 4: Quantidades de aminoácidos essenciais presentes em fontes de proteína animais, vegetais e algas, expressos em gramas de aminoácidos/16 g N.

DRI * (mg/kg/dia)	His	Ile	Leu	Lis	Met	Trip	Fen	Tre	Val
	11	15	42	31	15**	4	27***	16	19
Fontes de proteínas	His	Ile	Leu	Lis	Met	Trip	Fen	Tre	Val
<i>Whey Protein</i> ¹	1,87	6,29	10,5	8,62	2,58	2,37	3,5	7,2	5,87
Ovo ²	2,4	6,6	8,8	5,3	3,2	1,7	5,8	5	7,2
Ervilha ³	2,5	4,5	8,4	7,2	1,1	1	5,5	3,9	5
Soja ²	2,6	5,3	7,7	6,4	1,3	1,4	5	4	5,3
Lentilha ³	3,36	4,96	7,28	7,09	0,94	0,72	4,72	3,78	4,92
Microalga <i>Arthospira platensis</i> ²	2,2	6,7	9,8	4,8	2,5	0,3	5,3	6,2	7,1
Microalga <i>Chorella vulgaris</i> ²	2	3,2	9,5	6,4	1,3	-	5,5	5,3	7
Microalga <i>Chorella sorokiana</i> ²	0,45	1,25	2,89	0,35	0,35	0,05	1,7	0,83	1,77
Microalga <i>Nannochloropsis aculata</i> ²	2,1	4,8	7,8	6,1	1,6	1,6	6,2	5,5	6,5
Macroalga <i>Ulva sp.</i> ⁴	1,36	4,07	6,97	4,37	2,13	NI	5,02	5,54	6,30
Macroalga <i>Palmaria palmata</i> ⁴	1,27	3,41	5,42	4,75	1,54	NI	3,76	3,83	5,34
Macroalga <i>Laminaria digitata</i> ⁴	1,49	3,61	6,12	4,63	1,66	NI	4,07	4,65	5,15

Fonte: (OLIVEIRA, 2022); ¹(GROWTH SUPPLEMENTS, [s.d.]); ²(KUMAR et al., 2022); ³(SHRESTHA et al., 2023); ⁴(GAILLARD et al., 2018); * Valores de referências para adultos >19 anos (OTTEN; HELLWIG; MEYERS, 2006); **metionina+cisteína; *** fenilalanina+tirosina

His= histidina; Ile= isoleucina; Leu= leucina; Lis= lisina; Met= metionina; Trip= triptofano; Fen= Fenilalanina; Tre= treonina; Val= valina; NI= Não Informado.

De acordo com os dados da tabela é possível perceber que em relação ao aminoácido isoleucina, a espécie *Arthospira platensis* (Spirulina) apresentou uma quantidade ligeiramente maior em relação ao ovo e o whey protein (6,7 vs. 6,6 g e 6,29 g de AA/ 16 g N). Se tratando do aminoácido leucina, as espécies *Arthospira platensis* (Spirulina) e *Chorella vulgaris* (9,8 g e 9,5 g de AA/ 16 g N) apresentaram teores maiores comparado a todas as outras fontes de proteína, ficando abaixo apenas do apresentado pelo whey protein (10,5 g AA/ 16 g N). Por fim, a espécie *Arthospira platenses* apresentou um alto valor do aminoácido valina e treonina e a espécie *Chorella vulgaris* um valor alto do aminoácido valina, ambos os casos atingindo quase 38% da recomendação diária, segundo as Dietary Reference Intakes (DRIs).

Fechando um panorama geral, é notório que as microalgas possuem maior quantidade isoleucina, leucina, treonina e valina, e para as macroalgas os aminoácidos mais encontrados na composição proteica são a lisina, leucina, fenilalanina, treonina e valina. A partir da tabela é possível perceber que tanto as microalgas como as macroalgas são deficientes em triptofano, sendo, portanto, o aminoácido limitante.

De acordo com Matos 2021, embora as algas não apresentem todos os aminoácidos essenciais em quantidades significativas, estas podem ser aproveitadas como fonte de proteína a partir de combinações com outros alimentos fontes dos aminoácidos limitantes nas algas.

As algas também vêm sendo reconhecidas como um alimento funcional, visto que são ricas em compostos bioativos que possuem atividade antioxidante, capacidade de modulação imunológica, potencial antidiabético e atividade antiproliferativa (KUMAR et al., 2022; THIVIYA et al., 2022). Em relação a capacidade antioxidante, estas possuem alguns pigmentos como astaxantina, caroteno, peptídeos e ácidos graxos (PUFAs). Espécies de microalgas como *Haematococcus pluvialis* e *Chlorella zofingiensis* foram consideradas com alto potencial antioxidante devido a presença do pigmento astaxantina, a qual possui relação no tratamento e prevenção de doenças crônicas como diabetes, hipertensão e cânceres. Devido a esse fato, entidades internacionais, e a própria Agência Nacional de Vigilância Sanitária reconhecem esse composto como um suplemento, variando as quantidades permitidas em cada país. Tratando-se das macroalgas, estas também foram reconhecidas por possuírem pigmentos e polissacarídeos com atividade antioxidante, antimicrobiana e imunorregulatória. Foi demonstrado por meio de um estudo, que a espécie de alga vermelha *Gracilaria fisherm* possui atividade imuno

estimulante e antiproliferativa devido a presença de galactanas sulfatadas em sua composição, as quais podem ser utilizadas no tratamento de doenças por promoverem a ativação de macrófagos e produção de citocinas responsáveis pela modulação imunológica do organismo (KHONGTHONG et al., 2021).

Perante a literatura, é notória a presença de micronutrientes na composição das algas, com destaque para as vitaminas C, E e do complexo B (KOYANDE et al., 2019). Trazendo esse fato para um aspecto de dietas vegetarianas e veganas, é comprovado que nesse tipo de alimentação existe uma deficiência de vitaminas do complexo B, principalmente de vitamina B12 devido as fontes proteicas de origem vegetal não possuírem quantidades significativas desses compostos. Sendo assim, a deficiência desse nutriente pode estar associada a promoção de neuropatias, anemia megaloblástica e problemas cognitivos (DEL MONDO et al., 2020).

De acordo com a tabela 5, é possível observar a concentração de vitamina B12 em algumas algas, comparado a fontes de proteína vegetais e animais. No caso das cianobactérias do gênero *Aphanizomenon* e *Arthospira* observa-se o teor de $\sim 0,66 \mu\text{g}$ de B12/100g de biomassa seca, enquanto a *Isochrysis* resultou em $8,9 \mu\text{g}$ de B12/100g de biomassa seca. Por fim, as algas dos gêneros *Skeletonema* e *Pavlova* receberam destaque por conterem o teor de $11,7 \mu\text{g}$ e $116,2 \mu\text{g}$ de B12 em 100g de biomassa seca (DEL MONDO et al., 2020).

Tabela 5: Dados da concentração de vitamina B12 em algas, comparado a proteínas vegetais e animais.

Fonte de Proteína	Concentração de Vitamina B12 (µg/100g b.s.)
Feijão (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.; cru)	0
Ervilha (<i>Pisum sativum</i> L.; crua)	0
Grão de Bico (<i>Cicer arietinum</i> L.; cru)	0
Lentilha (<i>Lens culinaris</i> ; crua)	0
Soja (<i>Glycine max</i> L.; crua)	0
Ovo de Galinha	3,71
Leite de Vaca	3,83
Carne Bovina (média de diferentes cortes; crua)	1,15
Carne Suína (média de diferentes cortes; crua)	0,2
Carne de Frango ¹	0,74
<i>Aphanizomenon</i> ²	0,60
<i>Arthospira</i> ²	0,05-0,66
<i>Isochrysis</i> ²	8,9
<i>Skeletonema</i> ²	11,7
<i>Pavlova</i> ²	116,2

Fonte: (OLIVEIRA, 2022) Valores retirados da Tabela de Composição de Alimentos (TBCA) (“TBCA - Tabela Brasileira de Composição de Alimentos.”, [s.d.]); ¹(USDA, 2019); ²(DEL MONDO et al., 2020).

Frente a esses dados, fecha-se um panorama interessante, o qual demonstra que todas as algas expostas na tabela ultrapassaram os valores de vitamina B12 em relação a todas as fontes de proteína vegetal apresentadas, com destaque as espécies *Isochrysis*, *Skeletonema* e *Pavlova*, que ultrapassaram os valores da mesma vitamina em todas as fontes de proteína animal apresentadas. Sendo assim, algumas espécies de algas poderiam ser suplementadas em dietas vegetarianas, e principalmente veganas, visto que possuem boas quantidades de vitamina B12, contribuindo com a prevenção de patologias citadas anteriormente.

11. CARACTERIZAÇÃO DAS ESPÉCIES ESTUDADAS

11.1. Microalga alimentícia

11.1.1. Verde (Chlorophyta)

Chlorella vulgaris (honey)

Alga proveniente de cultivo heterotrófico, e comercializada em forma de pó fino e amarelado (Allmicroalgae).

Morfologia: apresenta formato esférico com diâmetro entre 2 e 10 µm. Possui parede celular rígida devido a presença de glucosamina em sua composição, com espessura variando de acordo com o estágio de crescimento (SAFIA et al., 2014).

Utilização: fonte de micronutrientes de elevada qualidade, esta alga é utilizada como ingrediente alimentar (principalmente como função de corante) e como suplemento alimentar (Allmicroalgae).



Figura 4. Microalga *Chlorella vulgaris* (honey) em pó.

[Crédito: Allmicroalgae]

11.2. Macroalgas alimentícias

11.2.1. Verde (Chlorophyta)

Codium tomentosum

Alga crocante, com um sabor que lembra o percevejo e que libera uma mucilagem quando picada, possui vários nomes comuns: "Chorão-do-mar" em português, "miru" em japonês, e "limu aala-ula" no Havaí (PEREIRA, 2016).

Morfologia: Apresenta um talo cilíndrico, dicotômico e regularmente ramificado, com uma textura esponjosa e elástica, e coloração que varia entre verde escuro e verde mais claro (PEREIRA, 2009).

Utilização: Esta alga é comercializada nos mercados de Macáçar e é consumida como alimento em várias regiões da Malásia, geralmente crua em saladas. Em países como Índia, Indonésia, Tailândia, Japão e Havaí, ela é utilizada em sopas ou temperada com molho de soja ou vinagre. No Japão, é comum desidratá-la e conservá-la em sal, enquanto na Índia, é preparada como uma infusão após a desidratação. Em Portugal e Galícia, a espécie *C. tomentosum* é reconhecida como comestível (PEREIRA, 2016).



Figura 5. Macroalga *Codium tomentosum*.

[Crédito: Bruno Moreira Leite]

11.2.2. Castanhas (Phaeophyceae)

Fucus vesiculosus

Nomes Comuns: Bodelha e fava-do-mar em português; "bladderwrack" em inglês (PEREIRA, 2016).

Morfologia: Esta alga possui talos de estrutura cartilaginosa, com coloração castanho-esverdeada, fixos ao substrato por um pequeno disco. A partir desse disco, desenvolve-se uma lâmina com uma nervura central que se divide dicotomicamente. Apresenta vesículas aeríferas (aerocistos) localizadas em ambos os lados da nervura central (PEREIRA, 2009).

Utilização: *F. vesiculosus* é frequentemente conservada seca e utilizada como condimento em sopas e ensopados. É consumida como alimento no Japão e, de forma menos comum, em alguns países da Europa Ocidental, como Espanha, Portugal, Escócia e Irlanda. No Alasca, é usada no preparo de infusões (Pereira e Correia, 2015). Os aerocistos de *F. vesiculosus* têm potencial para serem explorados como um "snack" (PEREIRA, 2016). Além disso, esta alga é empregada na talassoterapia e é muito valorizada por suas propriedades anti-inflamatórias e anti-celulíticas, sendo usada também para emagrecimento (PEREIRA, 2009).

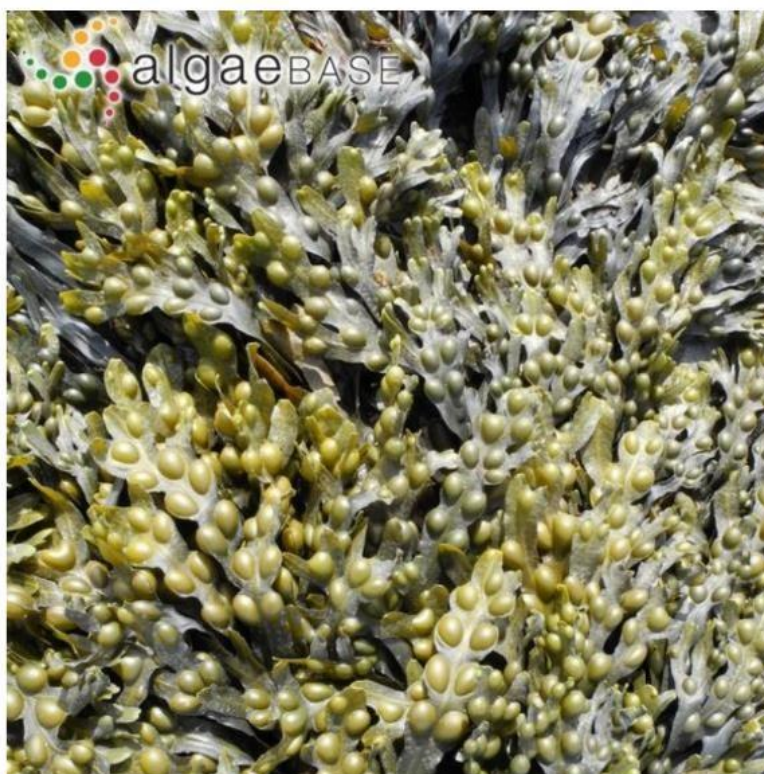


Figura 6. Macroalga *Fucus vesiculosus*.

[Crédito: algaeBASE]

12. DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS

O desenvolvimento de novos produtos pode ser definido como um processo estratégico para fabricar produtos novos por uma dada empresa, sendo introduzidos por esta em seu mercado. Novos produtos podem ser aqueles já estabelecidos no mercado, porém reformulados

para atingir um outro nicho de mercado ou um produto que a empresa nunca trabalhou, sendo totalmente inovador. O processo para se desenvolver um produto é extenso, abrangendo um conjunto de etapas que vão desde o conceito até a comercialização do mesmo. Sendo assim, tais processos conectados a capacidade de inovação são instrumentos competitivos fundamentais para o sucesso a longo prazo e sobrevivência de determinada empresa (KAHN, 2018).

De maneira geral, o desenvolvimento de produtos alimentícios é um processo contínuo e que necessita de muita atenção pelas empresas dessa área, visto que o setor alimentar está em constante evolução e que o consumidor de amanhã poderá não achar mais interessante os produtos que ontem eram altamente procurados, como consequência das alterações nas necessidades dos consumidores. Sendo assim, as empresas que formulam produtos orientados aos desejos dos consumidores, buscando entender o que traz satisfação a eles, com certeza terão sucesso. Essa estrutura já consolidada diz respeito a uma inversão na cadeia produtiva, que foi resultado da mudança de atividades das indústrias que antes eram baseadas na oferta, e que agora são baseadas na procura (LINNEMANN et al., 2006).

O conceito de qualidade de um produto alimentício também sofreu alterações ao longo do tempo, e o motivo pelo qual um consumidor consome um produto pode ter relação tanto com a característica daquele produto como os métodos utilizados na produção. Sendo assim, a qualidade do produto final se deve a um conjunto de atributos de qualidade, que podem ser chamados de qualidade intrínsecos e extrínsecos. Os intrínsecos são aqueles referentes as questões físicas do produto como sabor, textura, prazo de validade e o valor nutricional de determinado alimento. Os extrínsecos se relacionam com a forma em que os alimentos foram produzidos, como a utilização de pesticidas, organismos geneticamente modificados e até mesmo questões morais como respeito aos animais. Apesar desses fatores não possuírem influência direta com as características finais do produto, são muitas vezes considerados primordiais na política de escolha de certos consumidores (LINNEMANN et al., 2006).

As características de qualidade de um produto dependem diretamente da percepção do consumidor àquele produto, o que de fato é muito complexo pois essas percepções são guiadas além de questões individuais ou do produto alimentício, mas também com o tempo, local e contexto familiar, variáveis ambientais e características sociais. Tais questões estão mais bem explicadas na figura abaixo:

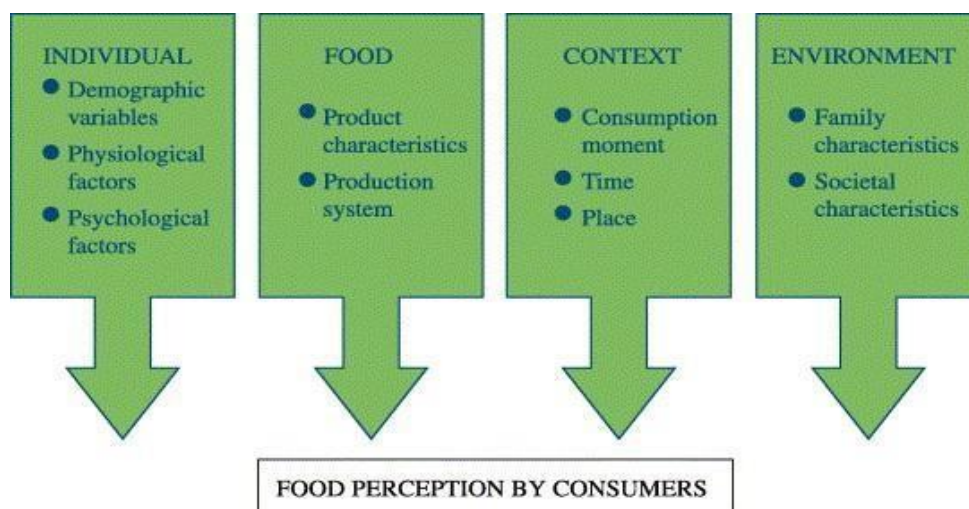


Figura 7. Percepção alimentar pelos consumidores (SIJTSEMA, LINNEMANN, VAN GAASBEEK, DAGEVOS, & JONGEN, 2002).

Os novos produtos alimentícios introduzidos pelas empresas podem ser resumidos nas seguintes categorias (LINNEMANN et al. 2006):

- “Eu também”: aquele produto que uma empresa coloca no mercado que já é produzido por outra empresa.
- Extensão de linha: são variantes de um mesmo produto, mas com uma composição diferente, por exemplo polpa de tomate temperada em uma linha de polpa de tomate in natura.
- Reposicionamento de produto: um mesmo produto é direcionado a um novo público-alvo devido sua composição original, por exemplo polpa de tomate que alega possuir poucas calorias para atingir um público que se interessa por questões de saudabilidade.
- Nova forma para produto existente: produto existente que sofreram alteração tecnológica, exemplo polpa de tomate triturada para polpa de tomate com pedaços.
- Reformulação de um produto existente: um produto que teve sua fórmula alterada seja pela adição, substituição ou subtração de um ou mais ingredientes, por exemplo polpa de tomate com adição de algas marinhas.
- Nova embalagem: produto existente que altera sua embalagem, por exemplo polpa de tomate em lata para polpa de tomate em garrafa de vidro.

- Produto inovador: produto resultante de alterações de um já existente, mas que não faz referência as categorias já citadas, por exemplo polpa de tomate processada em alta pressão.
- Produto criativo: um produto totalmente novo e jamais antes visto, possui riscos e custos associados por ser difícil de desenvolver e identificar sua aderência no mercado, por exemplo esferificação de suco de tomate, uma técnica da gastronomia molecular.

As premissas e atividades associadas ao desenvolvimento de produtos é bastante complexo, principalmente em respeito aos produtos alimentícios, visto que a demanda de mercado para esse setor é instável, com requisitos heterogêneos (e muitas vezes contraditórios) dos clientes, consumidores e legisladores. Mudanças recentes e importantes na procura e oferta de alimentos, juntamente com uma maior competitividade, atribuíram a inovação uma atividade que não é somente inevitável no contexto empresarial, mas também como um ponto de partida vital para o crescimento da corporação e que compreende rentabilidade global ao agro-negócio. Devido a essa realidade, uma forte tendência em expansão é o modelo de “inovação aberta”, sendo esta responsável por disseminar o conhecimento para além da fronteira empresarial, permitindo que o desenvolvimento interno de inovações acelere e prospere. Esse modelo consiste no incentivo a criação de parceria com clientes, fornecedores, instituições de ensino e pesquisa, concorrentes e outras figuras interessadas que fazem parte da cadeia de valor (SARKAR AND COSTA, 2008).

Em uma perspectiva de consumo, os consumidores contemporâneos estão cada vez mais exigindo alimentos com sabores únicos, conveniência no momento de cozinhar, comer sem culpa, e uma dieta alinhada a saudabilidade e adaptada as suas necessidades e preferências individuais. O crescimento de alimentos funcionais vem se mostrando como um mercado promissor que atende as expectativas de um público preocupado com a saúde e longevidade (LEITE, 2017). Estilos de vida alimentares como o veganismo e vegetarianismo também vem crescendo e devido a seus interesses por alimentos isentos de proteína animal, os produtos constituídos por fontes alternativas de proteína seguem ganhando espaço no mercado como consequência dessa demanda, tendo alavancado cerca de ~3,1 bilhões de dólares no ano de 2020 (KEERIE, 2021). Para evidenciar esse movimento em território brasileiro, uma pesquisa do IBOPE em 2018 diz que 14% dos brasileiros se declararam vegetarianos, que 55% consumiriam mais produtos veganos se estivessem indicados na embalagem (ABRAS, 2017).

Em território português, dados provenientes do relatório quadrienal denominado “Balança Alimentar Portuguesa”, elaborado pelo Instituto Nacional de Estatística traduz a busca dos portugueses por uma alimentação mais saudável. Os últimos dados públicos entre 2016-2020 relatam que apesar do consumo de carne, pescado e ovos ter aumentado de 11,4 em 2016 para 11,9 em 2020, o consumo de lácteos reduziu 3,6%, de hortícolas e cereais mantiveram-se estáveis frente a 2012-2015; raízes e tubérculos, os frutos e as leguminosas aumentaram o consumo em 0,8%, 27% e 21% respectivamente, e os óleos e gorduras e açúcares sofreram redução no consumo de 2,2% e 3,2% respectivamente, nessa última publicação. Dados como esses trazem uma reflexão interessante que corrobora com o crescimento de busca do público português por uma alimentação mais saudável (INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA, 2021).

Nesse sentido, fontes proteicas como as algas têm ganhado espaço. Em redes de notícias, publicações circulam dizendo que as algas seriam o superalimento desde 2016/2017. E isso corrobora até datas atuais, como a publicação da CNNHealth em 2022, a qual alegou que as algas são boas para os humanos e para o planeta, e que possuem a capacidade de acabar com a fome no mundo (BARBER, 2022).

13. PESQUISA DE MERCADO

13.1. Conceito de pesquisa de mercado

A pesquisa de mercado pode ser descrita como uma ferramenta de grande potencial para que as organizações adquiram informações relevantes sobre o mercado em que atuam ou pretendem atuar. Dessa forma, quanto maior o conhecimento dessas organizações acerca da estrutura de mercado, clientes, fornecedores e concorrentes, maior será o desempenho e o sucesso das mesmas (GOMES, 2005).

É notório que a competitividade do mercado de alimentos vem aumentando, e que os produtos lançados precisam sempre serem renovados buscando atender a demanda mercadológica. Sendo assim, o uso de ferramentas e técnicas que auxiliem as empresas a conquistarem espaço e manter-se em uma situação confortável no escoamento da venda de seus produtos. De fato, quando uma organização realiza uma pesquisa de mercado, a mesma permite-se estudar e compreender os fenômenos que ocorrem em certos períodos relacionados ao seu segmento de atuação. Portanto, conhecer o terreno em que se atua é uma prática vital para alcançar metas e objetivos (BARROS, 2010).

Muitas vezes, a pesquisa de mercado é utilizada após a produção de determinado produto ou serviço. Segundo TAGLIACARNE (1989, p. 35), essa ordem não parece ser a mais correta:

Insistem muito sobre a fase de distribuição e vendas, como se as pesquisas devessem intervir só após a fabricação do produto, quando, muitas vezes, elas são úteis antes da fabricação, justamente para saber aquilo que deve produzir, para quem, a que preços, etc.

13.2. Pesquisa de mercado quantitativa

A pesquisa de mercado quantitativa é empregada quando se deseja medir o mercado de forma precisa, fornecendo dados confiáveis que possibilitam análises estatísticas detalhadas. Esse método utiliza amostras para investigar opiniões, desejos e interesses da população em geral, com as amostras servindo como representações do universo pesquisado (MONFERRARI, 2010).

Se uma organização deseja obter dados precisos sobre a satisfação dos clientes com um de seus produtos, a pesquisa de mercado quantitativa é a melhor escolha. Isso porque essa abordagem utiliza uma amostra de clientes que reflete o universo total, permitindo uma análise detalhada e representativa.

Os dados coletados em uma pesquisa quantitativa são geralmente obtidos através de questionários. Estes questionários são elaborados com perguntas claras e diretas para assegurar que os entrevistados compreendam bem as questões e para promover a uniformidade nas respostas (MONFERRARI, 2010).

Segundo GOMES (2005, p. 73), a pesquisa de mercado oferece vantagens significativas para as organizações que a utilizam. Ela é essencial para garantir um bom desempenho em todas as etapas do negócio. Embora o retorno possa levar algum tempo, investir em pesquisa é sempre valioso. As informações, quando buscadas continuamente em relação ao mercado em que se opera ou pretende operar, o negócio em questão terá maiores chances de se destacar e aumentar sua lucratividade.

14. MATERIAIS E MÉTODOS

14.1. Metodologia da pesquisa de mercado

A pesquisa de mercado, de carácter quantitativo, foi realizada de maneira virtual por meio de um questionário formulado no Google Forms, o qual foi enviado majoritariamente a docentes e estudantes da Universidade de Lisboa (Portugal) e da Universidade de São Paulo (Brasil), assim como amigos e familiares dos responsáveis pelo trabalho, com o objetivo de avaliar a aderência e aceitação do consumidor por um produto inovador como a polpa de tomate com algas, compreendendo também a relevância desse produto ao consumidor, nos aspectos nutricionais, sensoriais e de saudabilidade. O público-alvo que participou da pesquisa foi diverso, de nacionalidades distintas como colombianos, portugueses, brasileiros e franceses, contemplando indivíduos entre 15 e 80 anos, de ambos os sexos, frequentadores de supermercados, hortifrutis, padarias e restaurantes.

O envio do questionário se deu por meio de e-mails eletrônicos institucionais e redes sociais. A pesquisa obteve de retorno 221 respostas, sendo um número muito significativo e de enorme contribuição para os órgãos envolvidos no projeto.

O questionário estruturado teve como abordagem os seguintes temas:

1. Estilo de vida alimentar: se o participante se considera omnívoro (consome produtos de origem animal e vegetal); vegetariano (exclui o consumo de carnes, mas consome ovos e laticínios); vegano (exclui da alimentação e do estilo de vida qualquer produto de origem animal) ou flexitariano (consome majoritariamente alimentos de origem vegetal e minoritariamente os de origem animal).
2. Compra de produtos alimentícios: se no momento de compra de um alimento o participante se preocupa com questões de nutrição, cadeia de produto do alimento, sustentabilidade na produção, preço ou se possui um rótulo *clean label* (lista curta de ingredientes).
3. Frequência de consumo e afeição sensorial: com que frequência o participante consome e gosta de polpa de tomate e de algas, separadamente. E se considera as algas um ingrediente adequado para produtos alimentícios.
4. Motivação para experimentar novos alimentos: se o participante se sente motivado para experimentar novos alimentos, e se o mesmo possui o interesse em adquirir a polpa de tomate com algas caso fosse lançada no mercado.

15. RESULTADOS E DISCUSSÃO

15.1. Questionário

Partindo do pressuposto de desenvolver um novo produto ou de reformular um produto existente do portfólio da empresa, juntamente da implementação de algas com a proposta de trazer um produto inovador ao mercado conectado às tendências da sustentabilidade e de proteínas alternativas, decidiu utilizar do produto polpa de tomate natural como base para uma formulação temperada com adição de micro e macroalgas em diferentes concentrações. Por se tratar de um produto inovador, realizou-se uma breve pesquisa de mercado com a finalidade de avaliar o potencial do produto antes de seu desenvolvimento.

A amostra de consumidores que responderam à pesquisa online foi composta por uma proporção superior de mulheres perante os homens, sendo 70,7% e 29,2% respectivamente. A faixa etária dos participantes variou de 15 anos até 80 anos, sendo que 16,7% possuem entre 15-24 anos; 11,70% entre 25-50 anos e 19,5% entre 51-80 anos. Com relação a nacionalidade, a maioria dos participantes eram brasileiros e portugueses (152 e 59, respectivamente), havendo participação em pequena proporção de angolanos, peruanos, timorenses, espanhóis, norte-americanos, colombianos, jordanos e franceses.

O início do questionário contou com um questionamento pertinente em relação ao estilo de vida alimentar dos participantes, buscando compreender quais tipos de alimentos eles estão habituados, principalmente em relação as fontes de proteína que podem ser tanto de origem animal como vegetal. Como retorno, obteve-se que 77,3% se consideram onívoros; 16,3% se dizem flexitarianos; 5,4% são vegetarianos e menos de 1% se considera vegano.

Com o intuito de entender as questões que os participantes consideraram relevante no momento da compra de um alimento, obteve-se como resposta perante a pergunta: “Para si, no momento da compra de um alimento, preocupa-se com questões como.”

Tabela 6: Frequência de respostas perante a pergunta questionada.

Opções	Frequência (221 respostas totais)	%
Se possui nutrientes necessários ao seu organismo	143	64,7

Se é um produto clean label (poucos ingredientes no rótulo do produto)	77	34,8
Cadeia de produção e comercialização desse alimento	42	19
Se é um produto ambientalmente sustentável	86	38,9
Preço do produto	169	76,5
Não me preocupo com nenhuma questão	4	1,81

Algumas questões pertinentes para serem observadas perante a tabela, foi a quantidade de votos dos avaliadores considerando como muito relevante a composição nutricional e o preço dos produtos alimentícios. O fato de o produto trazer um apelo de ser ambientalmente sustentável, também foi selecionado por quase 40% dos participantes, demonstrando ser uma característica importante aos consumidores, principalmente quando analisado o contexto do produto polpa de tomate com algas, que traz justamente esse conceito da sustentabilidade atrelada a produção e a utilização do ingrediente algal.

Além disso, questionou-se sobre a frequência de consumo do alimento polpa de tomate, com o objetivo de entender se a matéria prima principal do produto em desenvolvimento estava presente na rotina dos participantes. Sendo assim, obteve-se como resposta significativa que 44,3% consomem semanalmente, e 30,8% consomem mensalmente, demonstrando um consumo considerável pelo produto.

Como complemento a resposta anterior, foi solicitado que os participantes indicassem o quanto gostavam ou desgostavam do alimento polpa de tomate, e as estatísticas foram que 49,3% gostam; 34,4% dizem gostar muito; 13,1% indicaram que não gostam, mas também não desgostam e apenas 3,2% respondeu dizendo que não gostam do alimento.

Para analisar o nível de afeto sensorial que os participantes tinham com as algas, questionou se os mesmos já haviam consumido um produto alimentício com algas, sendo que 72,8% responderam que já consumiram anteriormente e 27,1% responderam que nunca

consumiram, sendo está uma análise importante para entender o grau de aderência dos consumidores por um produto que carrega características sensoriais distintas frente as polpas de tomate convencionais que estão atualmente no mercado.

Em relação a frequência de consumo de alimentos com algas, as maiores estatísticas foram para o consumo mensal com 38% e o consumo anual com 24%. Houve pessoas que nunca tiveram contato com esse tipo de alimento, correspondendo a uma porcentagem de 17,6%.

Perante a pergunta “Indique o quanto você gosta ou desgosta de algas”, 43,9% dos participantes responderam que gostam do alimento; 38,4% assinalaram que não gostam, mas também não desgostam; 11,7% demonstraram gostar muito; 4,9% responderam que desgostam, sendo que 0,9% desgostam muito. Somando os atributos sobre “gostar” e “gostar muito” obtém-se que mais da metade dos participantes (55,6%) gostam de algas em termos sensoriais.

A consideração das algas como um ingrediente adequado para produtos alimentícios teve uma resposta positiva pelos participantes, visto que 58,8% selecionaram como “adequado” e 26,2% como “extremamente adequado”, somando 85% de aprovação. Em contrapartida, 14,5% selecionaram a opção “nem adequado, nem inadequado” e apenas 1 participante selecionou como sendo “inadequado”.

Com o objetivo de observar como os participantes (clientes potenciais) se sentem em relação aos lançamentos de produtos alimentícios no mercado, questionou-os sobre a motivação em experimentar novos alimentos, justamente para entender o quão adeptos eram as inovações de alimentos. O interessante foi que a soma dos que se consideraram motivados e extremamente motivados a provar o produto foi de 90,5% dos participantes.

Por fim, questionou-se sobre o interesse dos participantes em adquirir o produto “polpa de tomate com algas” caso o mesmo fosse lançado ao mercado de alimentos, para avaliar a disposição em experimentar o produto. As respostas foram muito positivas, com 90,5% dos participantes respondendo que “sim” e que “com certeza sim” gostariam de adquirir o produto.

16. CONCLUSÃO

Com base nas informações desta revisão, podemos afirmar que as algas representam uma fonte viável de nutrientes, uma vez que são ricas em proteínas, vitaminas, ácidos graxos poli-insaturados e outros compostos benéficos. Isso evidencia o potencial das algas e seus derivados para a saúde, tanto em termos fisiológicos quanto em relação aos fatores ambientais que influenciam a saúde e a doença, já que sua produção exige menos espaço e água, garantindo

uma abordagem sustentável mesmo com o crescimento populacional. Ademais, as proteínas das algas possuem características funcionais distintas que aumentam sua aplicabilidade na indústria alimentícia. Com um alto teor de proteínas e nutrientes como a vitamina B12, as algas se tornam uma oportunidade valiosa para a criação de produtos voltados ao mercado de alimentos, principalmente ao crescente mercado vegetariano e vegano.

A adoção de algas como alimentos ou ingredientes alimentares enfrenta alguns desafios, como o risco de contaminação por toxinas e questões sensoriais, como cor e odor. Em relação aos aspectos legislativos, entende-se que as permissões de algas para alimentação no setor regulatório de países europeus estão mais evoluídas que o setor regulatório brasileiro, visto que a falta de legislações específicas e pesquisas focadas na utilização de algas na alimentação, limita o crescimento desse mercado. Embora alguns estudos já tenham destacado os benefícios do consumo de algas para a saúde, ainda há uma necessidade urgente de mais investigações que analisem esses efeitos em humanos.

Através do questionário aplicado a um grupo de 221 pessoas, principalmente de instituições universitárias em Portugal e no Brasil, constatou-se uma forte aceitação das algas como ingrediente na alimentação. Isso se deve ao fato de que muitas delas já incorporam algas em sua dieta. Um resultado semelhante foi observado com a polpa de tomate, que também é um alimento consumido com frequência. A combinação de polpa de tomate e algas mostrou-se promissora, pois os participantes demonstraram disposição para experimentar novos produtos e interesse em adquiri-los caso fossem lançados no mercado.

Por fim, é possível afirmar que o cultivo de algas é uma prática sustentável pois contribui para a redução do impacto ambiental, oferece alternativas renováveis para biocombustíveis e fertilizantes, ingredientes sustentáveis para a produção de alimentos, melhora a qualidade da água e promove o uso eficiente de recursos naturais. Em relação ao seu consumo, pode-se afirmar que as algas promovem benefícios à saúde humana ao oferecer uma fonte rica de nutrientes e compostos bioativos com propriedades preventivas, além de que, seu cultivo sustentável pode contribuir significativamente para a segurança alimentar global, atendendo às necessidades nutricionais de uma população em crescimento e mitigando os impactos ambientais dos sistemas alimentares tradicionais. Por todas essas razões, a produção de algas tem um papel importante na construção de um futuro mais sustentável.

17. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYBAR, M.; SIMÕES, S.; SALES, J. R.; SANTOS, J.; FIGUEIRA, D.; RAYMUNDO, A. Tenebrio molitor as a clean label ingredient to produce nutritionally enriched food emulsions. *Insects*, v. 14, p. 147, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/insects14020147>. Acesso em: 8 nov. 2023.

ARAÚJO, J. M. H. Algas marinhas como bioestimulantes no crescimento inicial de espécies florestais da Caatinga. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2017.

AARONSON, S. A role for algae as human food in antiquity. *Food Foodways* 1986, 1, 311–315. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07409710.1986.9961891>. Acesso em 3 nov. 2023.

ANVISA. Anvisa disponibiliza consulta de novos ingredientes e alimentos. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2021/anvisa-disponibiliza-consulta-de-novos-ingredientes-e-alimentos>. Acesso em: 8 nov. 2023.

ABRAS. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SUPERMERCADOS. Demanda por produtos vegetarianos ainda é maior do que a oferta no Brasil. Disponível em: <https://www.abras.com.br/clipping/geral/51257/demanda-por-produtos-vegetarianos-ainda-e-maior-do-que-a-oferta-no-brasil>. Acesso em: 8 dez. 2023.

BENGTSON, S. et al. Three-dimensional preservation of cellular and subcellular structures suggests 1.6 billion-year-old crown-group algae. *PLOS Biology*, v. 15, n. 3, p. 1-38, 2017. Editado por D. Penny. DOI: 10.1371/journal.pbio.2000735.

BITO, T.; OKUMURA, E.; FUJISHIMA, M.; WATANABE, F. Potential of chlorella as a dietary supplement to promote human health. *Nutrients*, v. 12, n. 9, p. 2524, 2020. DOI: 10.3390/nu12092524. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32825362/>. Acesso em: 20 nov. 2023.

BRASIL. *Boletim da Aquicultura em Águas da União 2022: Relatório Anual de Produção (RAP)*. Brasília, DF: Ministério da Pesca e Aquicultura, 2023.

BARBER, C. O novo superalimento faz bem aos humanos e ao planeta. *CNN*, 24 jul. 2022. Disponível em: <https://cnnportugal.iol.pt/algas-marinhas/comida/o-novo-superalimento-faz-bem-aos-humanos-e-ao-planeta/20220724/62dd18940cf2f9a86eaea566>. Acesso em: 20 dez. 2023.

BARROS, A. P. A importância da pesquisa de mercado e inovação para empresas de sonorização e iluminação de eventos do Distrito Federal: um estudo de caso da Marc Systems. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Administração) – Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas, FATECS.

CARVALHO, Jade Vitória Duarte de; FURTADO, Luana Karoline; PALHETA, Helen Cristina de Oliveira et al. Compostos bioativos e doenças crônicas não transmissíveis: uma revisão de literatura. In: *CIÊNCIA e tecnologia de alimentos: pesquisas e avanços*. [S.l.]: Agron Food Academy, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.53934/9786585062060-22>. Acesso em: 17 dez. 2024.

COSTA, R. F.; SALLES, M. C. T.; MATIAS, L. G. O. Cultivando algas marinhas e valores para o

desenvolvimento de uma comunidade costeira no município de Icapuí/CE. *Cadernos de Agroecologia*, v. 6, n. 2, dez. 2011. ISSN 2236-7934.

CAI, J. Global status of seaweed production, trade and utilization. [S.l.: s.n.], 28 mar. 2021. Disponível em: <<https://www.competecaribbean.org/wp-content/uploads/2021/05/Global-status-of-seaweed-production-trade-and-utilization-Junning-Cai-FAO.pdf>>. Acesso em: 5 nov. 2023.

CHIES, V. Pesquisa encontra microalgas que crescem em resíduos e geram biocombustíveis. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/20361833/pesquisa-encontra-microalgas-que-crescem-em-residuos-e-geram-biocombustiveis>>. Acesso em: 1 nov. 2023.

CALADO, R.M. *Macrobiótica Como e Porquê*; Grafitécnica: Lisbon, Portugal, 1976.

CIFERRI, O. Spirulina, the edible microorganism. *Microbiol. Rev.* 1983, 47, 551–578. Disponível em: <https://journals.asm.org/doi/10.1128/mr.47.4.551-578.1983>. Acesso em: 3 nov. 2023.

CHERRY, P.; O'HARA, C.; MAGEE, P.J. et al. Risks and benefits of consuming edible seaweeds. *Nutr. Rev.* 2019, 77, 307–329. Disponível em: [Risks and benefits of consuming edible seaweeds | Nutrition Reviews | Oxford Academic \(oup.com\)](#). Acesso em: 4 nov. 2023.

DINIS, M. A. P.; MONTEIRO, A.; BOAVENTURA, R. Tratamento de águas residuais: o papel das microalgas. *Revista da Faculdade de Ciência e Tecnologia*, Porto: Edições Universidade Fernando Pessoa, v. 1, 2004, p. 41-54. ISSN 1646-0499.

DEFANTI, L. S.; SIQUEIRA, N. S.; LINHARES, P. C. Produção de biocombustíveis a partir de algas fotossintetizantes. *Bolsista de Valor: Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense*, v. 1, p. 11-21, 2010.

DE SAN, M. The farming of seaweeds, SF/2012/28. Ébène, Maurícia: SmartFish Programme, 2012. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-bl759e.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2023.

DILLEHAY, T.D.; RAMÍREZ, C.; PINO, M. et al. Monte Verde: Seaweed, Food, Medicine, and the Peopling of South America. *Science* 2008, 320, 784–786. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1156533>. Acesso em: 2 nov. 2023.

DEL MONDO, A.; SMERILLI, A.; SANÉ, E. et al. Challenging microalgal vitamins for human health. *Microbial Cell Factories*. [S.l.]: BioMed Central Ltd. 1 dez. 2020.

ENZING, C. et al. Microalgae-based products for the food and feed sector: an outlook for Europe. [S.l.]: European Commission, 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Algas marinhas apresentam efeitos benéficos ao sistema digestivo humano. Embrapa, 16 fev. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/49656379/algas-marinhas-apresentam-efeitos-beneficos-ao-sistema-digestivo-humano>. Acesso em: 17 dez. 2024.

EUROPEAN COMMISSION. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. In *A Blueprint to Safeguard Europe's Water Resources*; European Commission: Brussels, Belgium, 2012.

EU OPEN DATA PORTAL. The Official Portal for European Data. Disponível em: <https://data.europa.eu/en>. Acesso em: 9 nov. 2023.

FIGUEIREDO, B. S. A. Microalgas: a 3ª geração de biocombustíveis no Brasil. Fotos: Daniela Collares. [s.d.].

FREITAS, M. V.; MOUGA, T. Sabores do Mar: Algas Edíveis do Centro de Portugal. Edição: Politécnico de Leiria, Leiria, Portugal, 2021. DOI: <https://doi.org/10.25766/GGG5-NX88>.

FARRAR, W.V. Tecuitlatl: A Glimpse of Aztec Food Technology. *Nature* 1966, 211, 341–342. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/211341a0>. Acesso em 3 nov. 2023.

FLEURENCE, J.; MORANÇAIS, M.; DUMAY, J. Seaweed proteins. *Proteins in Food Processing: Second Edition*. [S.l.]: Elsevier Inc., 2018a. p. 245–262.

FOOD DATA CENTRAL. Disponível em: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/171450/nutrients>. Acesso em: 1 dez. 2023.

GUIRY, M. D. How many species of algae are there? *Journal of Phycology*. [S.l.: s.n.], out. 2012.

GROSSHAUER, S.; KRAEMER, K.; SOMOZA, V. The true value of spirulina. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 68, n. 14, p. 4109-4115, 2020. DOI: 10.1021/acs.jafc.9b08251. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32133854/>. Acesso em: 20 nov. 2023.

GANTAR, M.; SVIRČEV, Z. Microalgae and cyanobacteria: Food for thought. *J. Phycol.* 2008, 44, 260–268. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1529-8817.2008.00469.x>. Acesso em: 3 nov. 2023.

GARCÍA, J.L.; DE VICENTE, M.; GALÁN, B. Microalgae, old sustainable food and fashion nutraceuticals. *Microb. Biotechnol.* 2017, 10, 1017–1024. Disponível em: Microalgae, old sustainable food and fashion nutraceuticals - García - 2017 - Microbial Biotechnology - Wiley Online Library. Acesso em: 5 nov. 2023.

GROWTH SUPPLEMENTS. Whey Protein Concentrado (1KG). Disponível em: <https://www.gsuplementos.com.br/whey-protein-concentrado-1kg-growth-supplements-p985936?tsid=16&safe&gclid=CjwKCAjw8JKbBhBYEiwAs3sxN8VezcenLAuVLTPZZwDn302y6NTcG1RM>. Acesso em: 20 nov. 2023.

GAILLARD, C.; BHATTI, H. S.; NOVOA-GARRIDO, M. et al. Amino acid profiles of nine seaweed species and their in situ degradability in dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, v. 241, p. 210–222, 1 jul. 2018.

GOMES, I. M. Manual Como Elaborar uma Pesquisa de Mercado. Belo Horizonte: SEBRAE, 2005. Disponível em: <https://sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/MG/Sebrae%20de%20A%20a%20Z/Como+Elaborar+uma+Pesquisa+de+Mercado.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2023.

HAYASHI, L. Extração, teor e propriedades de carragenana de *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty ex P. Silva, em cultivo experimental em Ubatuba, SP. 2001. 1–92 f. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001. Acesso em: 7 out. 2023.

HOLDT, S.L.; KRAAN, S. Bioactive compounds in seaweed: Functional food applications and legislation. *J. Appl. Phycol.* 2011, 23, 543–597. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10811-010-9632-5>. Acesso em: 1 nov. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA (INE). Balança alimentar portuguesa 2016-2020. Lisboa: Statistics Portugal, 2021. Disponível em: https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpgid=ine_main&xpid=INE. Acesso em: 14 dez. 2023.

JANKOWSKA, E.; SAHU, A. K.; OLESKOWICZ-POPIEL, P. Biogas from microalgae: review on microalgae's cultivation, harvesting and pretreatment for anaerobic digestion. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 75, p. 692-709, 2017. ISSN 1364-0321. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.045>. Acesso em: 19 nov. 2023.

JOHNSTON, H. The Biological and Economic Importance of Algae, Part 2. *Tuatara* 1966, 14, 4–6.

KEERIE, M. Record \$3.1 billion invested in alt proteins in 2020 signals growing market momentum. Disponível em: <https://gfi.org/blog/2020-state-of-the-industry-highlights/>. Acesso em: 7 nov. 2023.

KUMARI, S. U. Difference between macroalgae and microalgae. 2020. Disponível em: <https://www.differencebetween.com/difference-between-macroalgae-and-microalgae/>. Acesso em: 8 nov. 2023.

KIM, S-K. (Ed.). *Springer handbook of marine biotechnology*. 1. ed. Berlin: Springer-Verlag GmbH, 2015. (Springer Handbooks). DOI: 10.1007/978-3-642-53971-8.

KOLLER, M.; MUHR, A.; BRAUNEGG, G. Microalgae as versatile cellular factories for valued products. *Algal Research*, v. 6, p. 52-63, 2014. DOI: 10.1016/j.algal.2014.09.002.

KUSHI, L.H.; CUNNINGHAM, J.E.; HEBERT, J.R. et al. The Macrobiotic Diet in Cancer. *J. Nutr.* 2001, 131, 3056S–3064S. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022316622145347?via%3Dihub>. Acesso em: 3 nov. 2023.

KOSE, A. Investigation of in vitro digestibility of dietary microalga *Chlorella vulgaris* and cyanobacterium *Spirulina platensis* as a nutritional supplement. *3 Biotech*, 29 jun. 2017. Acesso em: 21 set. 2022.

KUMAR, R. Microalgae as a sustainable source of edible proteins and bioactive peptides – Current trends and future prospects. *Food Research International*. [S.l.]: Elsevier Ltd. 1 jul. 2022.

KHONGTHONG, S.; THEAPPARAT, Y.; ROEKNGAM, N. et al. Characterization and immunomodulatory activity of sulfated galactan from the red seaweed *Gracilaria fisheri*. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 189, p. 705–714, 31 out. 2021.

KOYANDE, A. K.; CHEW, K. W.; KRISHNAMOORTHY, R. et al. Microalgae: A potential alternative to health supplementation for humans. *Food Science and Human Wellness*. [S.l.]: Elsevier B.V., 1 mar. 2019.

KAHN, K. B. Understanding innovation. *Business Horizons*, Richmond, v. 61, n. 3, p. 453-460, May–June 2018.

LUBIANA, K. M. F. *Culturas como alternativas para elucidação de biodiversidade críptica do fitoplâncton: o caso das águas costeiras do estado de São Paulo*. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, São Paulo, 2013.

LEITE, B. S. M. *Novas alternativas para o uso de macroalgas da costa portuguesa em alimentação*. Dissertação (Mestrado em Ciências Gastronómicas) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, março 2017.

LOCTIER, D. Na Europa, há cada vez mais empresas a cultivar algas marinhas. *Euronews*. Disponível em: <https://pt.euronews.com/green/2022/10/25/na-europa-ha-cada-vez-mais-empresas-a-cultivar-algas-marinhas>. Acesso em: 7 out. 2023.

LINDEMANN, A. R.; BENNER, M.; VERKERK, R. et al. Consumer-driven food product development. *Trends in Food Science & Technology*, v. 17, p. 184-190, 2006.

MENDES, M. C.; NAVALHO, S.; FERREIRA, A.; PAULINO, C.; FIGUEIREDO, D.; SILVA, D.; GAO, F.; GAMA, F.; BOMBO, G.; JACINTO, R. Algae as food in Europe: an overview of species diversity and their application. *Foods*, v. 11, p. 1871, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods11131871>. Acesso em: 10 nov. 2023.

MOURITSEN, O. G. *Seaweeds, edible, available & sustainable*. Chicago: University of Chicago Press, 2013. 283 p. ISBN 978-0-226-04436-1. *Journal of Phycology*, v. 49, n. 6, p. 1229, dez. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jpy.12113>. Acesso em: 10 nov. 2023.

MOURITSEN, O.G.; Rhatigan, P.; Pérez-Lloréns, J.L. The rise of seaweed gastronomy: Phycogastronomy. *Bot. Mar.* 2019, 62, 195–209. Disponível em: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/bot-2018-0041/html>. Acesso em: 2 nov. 2023.

MARKOU, G.; NERANTZIS, E. Microalgae for high-value compounds and biofuels production: a review with focus on cultivation under stress conditions. *Biotechnology Advances*, v. 31, n. 8, p. 1532-1542, dez. 2013. DOI: 10.1016/j.biotechadv.2013.07.011. Epub 2013 Aug 6. PMID: 23928208.

MOURA, M. *Análise Crítica da Aplicação das Macroalgas na Área Alimentar*. 2020. 69 f. Dissertação de Mestrado em Engenharia Química-Qualidade – Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2020.

MARKET RESEARCH REPORT. Seaweed Cultivation Market Size, Share, Trends, and Forecasts to 2025. Disponível em: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/commercial-seaweed-market-152763701.html>. Acesso em: 7 nov. 2023.

MATOS, A. P. Advances in Microalgal Research in Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 64, p. 1–15, 2021.

MCDOWELL, L.R. Iodine. In *Minerals in Animal and Human Nutrition*; McDowell, L.R., Ed.; Academic Press: San Diego, CA, USA, 1992; pp. 224–245.

MINISTÉRIO DA SAÚDE/ ANVISA. RESOLUÇÃO DA DIRETORIA COLEGIADA - RDC No 243, DE 26 DE JULHO DE 2018. Disponível em: https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/3898888/RDC_243_2018_.pdf/0e39ed31-1da2-4456-8f4a-afb7a6340c15. Acesso em: 8 nov. 2023.

MINISTÉRIO DA SAÚDE/ ANVISA. RESOLUÇÃO DE DIRETORIA COLEGIADA – RDC No 839, DE 14 DE DEZEMBRO DE 2023. Disponível em: https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/6582266/RDC_839_2023_.pdf/a064b871-55dd-44b9-ab40-16ca7672497d. Acesso em: 10 abr. 2024.

MINISTÉRIO DA SAÚDE/ ANVISA. Instrução Normativa No 28, DE 26 DE JULHO DE 2018. Disponível em: https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/3898888/%2811%29IN_28_2018_COMP.pdf/40351831-cb99-4643-9139-a14da4430ba4. Acesso em: 10 abr. 2024.

MONFERRARI, C. P. Pesquisa Quantitativa x Pesquisa Qualitativa. 2010. Disponível em: <https://relatoriodigital.blogspot.com/2010/09/pesquisa-quantitativa-x-pesquisa.html>. Acesso em: 13 dez. 2023.

NAÇÕES UNIDAS. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 16 out. 2024.

NAYLOR, J. Production, Trade and Utilization of Seaweeds and Seaweed Products. FAO Fisheries Technical Paper. Rome: Food and Agriculture Organization, n. 159, 1976.

OLIVEIRA, A. V. de. Algas como fonte alternativa de proteínas e outros nutrientes para a alimentação humana: do cultivo à aplicação. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Nutrição) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/37630>. Acesso em: 10 nov. 2023.

OTTEN, J. J.; HELLWIG, J. P.; MEYERS, L. D. Dietary Reference Intakes. *Dietary Reference Intakes: The Essential Guide to Nutrient Requirements* (2006). Washington, D.C.: National Academies Press, 2006. p. 459–465. Disponível em: <https://nap.nationalacademies.org/catalog/11537/dietary-reference-intakes-the-essential-guide-to-nutrient-requirements>. Acesso em: 20 nov. 2023.

PEREIRA, L. *Edible seaweeds of the world*. 1. ed. Boca Raton, FL, EUA: CRC Press, 2016. DOI: 10.1201/b19970.

PELLIZZARI, F.; REIS, R. P. Seaweed cultivation on the southern and Southeastern Brazilian coast. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v. 21, n. 2, p. 305–312, 2011.

PEREIRA, L. Seaweed Flora of the European North Atlantic and Mediterranean. In Hb25_Springer Handbook of Marine Biotechnology; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2015; pp. 65–178. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-53971-8_6. Acesso em: 2 nov. 2023.

PEREIRA, H.; SILVA, J.; SANTOS, T. Nutritional potential and toxicological evaluation of *Tetraselmis* sp. CTP4 microalgal biomass produced in industrial photobioreactors. *Molecules* 2019, 24, 3192. Disponível em: Nutritional Potential and Toxicological Evaluation of *Tetraselmis* sp. CTP4 Microalgal Biomass Produced in Industrial Photobioreactors (mdpi.com). Acesso em: 4 nov. 2023.

PACKER, M.A.; HARRIS, G.C.; ADAMS, S.L. Food and Feed Applications of Algae. In *Algae Biotechnology*; Springer International Publishing: Cham, Switzerland, 2016; pp. 217–247.

PEREIRA, L. (2021) As algas na alimentação, *Rev. Ciência Elem.*, V9(01):006. Disponível em: doi.org/10.24927/rce2021.006. Acesso em: 8 nov. 2023.

PANGESTUTI, R.; KIM, S.-K. Biological activities and health benefit effects of natural pigments derived from marine algae. *J. Funct. Foods* 2011, 3, 255–266. Disponível em: Biological activities and health benefit effects of natural pigments derived from marine algae - ScienceDirect. Acesso em: 9 nov. 2023.

PEREIRA, L. (2009) *Guia Ilustrado das Macroalgas*. 1ª edn, Biologia. 1ª ed. Coimbra, Portugal: Imprensa da Univ. de Coimbra (Natura Naturata). Disponível em: <http://hdl.handle.net/10316.2/2867>.

PEREIRA, L.; CORREIA, F. (2015) *Macroalgas Marinhas da Costa Portuguesa: Biodiversidade, ecologia e utilizações*. 1ª ed. Paris, França: Nota de Rodapé.

RITCHIE, H.; ROSER, M. Forests and deforestation. 2021. Disponível em: <https://ourworldindata.org/soy#citation>. Acesso em: 8 nov. 2023.

SAMBUICHI, R. H. R. et al. A sustentabilidade ambiental da agropecuária brasileira: impactos, políticas públicas e desafios. Rio de Janeiro: [s.n.], out. 2012. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br>. Acesso em: 8 nov. 2023.

SHAHBANDEH, M. Land required per gram protein by species 2018. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/883386/land-required-per-gram-protein-by-species/>. Acesso em: 8 nov. 2023.

SAFI, C.; ZEBIB, B.; MERAH, O.; PONTALIER, P-Y.; VACA-GARCIA, C. Morphology, composition, production, processing and applications of *Chlorella vulgaris*: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 35, p. 265- 278, 2014. Disponível em: <https://www.allmicroalgae.com/pt-pt/2020/05/19/honey-white-chlorella-vulgaris/>. Acesso 2 nov. 2023.

SEVERO, Ihana Aguiar; NASCIMENTO, Tatiele Casagrande do; FAGUNDES, Mariane Bittencourt (Orgs.). *Microalgas: potenciais aplicações e desafios*. Canoas, RS: Mérida Publishers, 2021. Acesso em: 12 dez. 2023.

STATISTA. Estimated Value of Algae Market Worldwide from 2016 to 2023, by region. Disponível online: <https://www.statista.com/statistics/1032615/global-market-value-of-algae-by-region/> Acesso em: 8 out. 2023.

SPOLAORE, P.; JOANNIS-CASSAN, C.; DURAN, E. et al. Commercial applications of microalgae. *J. Biosci. Bioeng.* 2006, 101, 87–96. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1389172306705497?via%3Dihub>. Acesso em: 3 nov. 2023.

SHEN, Y.; YUAN, W.; PEI, Z.J. et al. Microalgae Mass Production Methods. *Trans. ASABE* 2009, 52, 1275–1287. Disponível em: <https://elibrary.asabe.org/abstract.asp??JID=3&AID=27771&CID=t2009&v=52&i=4&T=1>. Acesso em: 4 nov. 2023.

SUN, J. The Regulation of “Novel Food” in China: The Tendency of Deregulation. *Eur. Food Feed Law Rev.* 2015, 10, 442–448.

SCHULZE, P.S.C.; CARVALHO, C.F.M.; PEREIRA, H. et al. Urban wastewater treatment by *Tetraselmis* sp. CTP4 (Chlorophyta). *Bioresour. Technol.* 2017, 223, 175–183. Disponível em: Urban wastewater treatment by *Tetraselmis* sp. CTP4 (Chlorophyta) - ScienceDirect. Acesso em: 9 nov. 2023.

SINGH, D. V. Health benefits of bioactive compounds from microalgae. *Phytomedicine: A Treasure of Pharmacologically Active Products from Plants*. [S.l.]: Elsevier, 2021. p. 291–319.

SHRESTHA, S.; HAG, L. V.; HARITOS, V. et al. Lentil and Mungbean protein isolates: Processing, functional properties, and potential food applications. *Food Hydrocolloids*, v. 135, n. 108142, fev. 2023.

SIJTSEMA, S., LINNEMANN, A., VAN GAASBEEK, T. et al. (2002). Variables influencing food perception reviewed for consumer-oriented product development. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 42(6), 565–581.

SARKAR, S.; COSTA, A. I. A. Dynamics of open innovation in the food industry. *Trends in Food Science & Technology*, v. 19, p. 574-580, 2008.

TORRESI, S. I. C. de., Pardini, V. L., & Ferreira, V. F. (2010). O que é sustentabilidade? *Química Nova*, 33(1), 1–1. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422010000100001>.

TEAS, J.; PINO, S.; CRITCHLEY, A. et al. Variability of iodine content in common commercially available edible seaweeds. *Thyroid* 2004, 14, 836–841. Disponível em: <https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/thy.2004.14.836>. Acesso em: 2 nov. 2023.

TORRES-TIJI, Y.; FIELDS, F.J.; MAYFIELD, S.P. Microalgae as a future food source. *Biotechnol. Adv.* 2020, 41, 107536. Disponível em: Microalgae as a future food source - ScienceDirect. Acesso em: 7 nov. 2023.

THIVIYA, P.; GAMAGE, A.; GAMA ARACHCHIGE, N. S. et al. Seaweeds as a Source of Functional Proteins. *Phycology*, v. 2, n. 2, p. 216–243, 11 maio 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2673-9410/2/2/12>. Acesso em: 22 nov. 2023.

TAGLIACARNE, G. Pesquisa de Mercado: técnica e prática. São Paulo: Atlas, 1989.

VIANA, D. B. Estimativa do potencial produtivo de bioetanol e da captura de carbono de *Kappaphycus alvarezii* na costa brasileira. In: *IV Congresso Nacional de Engenharia de Petróleo, Gás Natural e Combustíveis*. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro.

VINHA, A. F.; COUTINHO, F.; SOARES, M. O.; SANTOS, A.; ALMEIDA-DIAS, A. Caracterização química e antioxidante do tomate português (*Lycopersicon esculentum* Mill.) de cultura biológica e convencional: importância dos sistemas agrícolas no seu valor nutricional. *Egitânia Scientia*, Instituto Politécnico da Guarda, v. VI, p. 170-171, 2010. ISSN 1646-8848.

VASCONCELOS, B. M. F.; GONÇALVES, A. A. Macroalgas e seus usos: alternativas para as indústrias brasileiras. *Revista Verde*, Mossoró, RN, v. 8, n. 5, p. 125-140, dez. 2013. Edição Especial.

WEINRICH, R.; ELSHIEWY, O. A cross-country analysis of how food-related lifestyles impact consumers' attitudes towards microalgae consumption. *Algal Research*, v. 70, p. 102999, 2023. ISSN 2211-9264. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.algal.2023.102999>. Acesso em: 11 nov. 2023.

WELLS, M. L.; POTIN, P.; CRAIGIE, J. S. et al. Algae as nutritional and functional food sources: revisiting our understanding. *Journal of Applied Phycology*, v. 29, n. 2, p. 949–982, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10811-016-0974-5>. Acesso em: 20 out. 2024.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Cyanobacterial Toxins: Anatoxin-a Background Document for Development of WHO Guidelines for Drinking-Water Quality and Guidelines for Safe Recreational Water Environments; WHO: Geneva, Switzerland, 2019. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/338060>. Acesso em: 5 nov. 2023.