



UNIVERSIDADE DOS AÇORES

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**Desenvolvimento de tecnologias de extração e de
quantificação dos principais componentes nutricionais de
macroalgas do litoral dos Açores tendo em vista o seu
aproveitamento como suplemento alimentar**

Dissertação de Mestrado em Tecnologia e Segurança Alimentar

Lisete Sousa Paiva

2013

Lisete Sousa Paiva

**Desenvolvimento de tecnologias de extração e de
quantificação dos principais componentes nutricionais de
macroalgas do litoral dos Açores tendo em vista o seu
aproveitamento como suplemento alimentar**

Dissertação de candidatura a obtenção do grau de Mestre em
Tecnologia e Segurança Alimentar

- Trabalho realizado no laboratório de Tecnologia Alimentar
do Departamento de Ciências Tecnológicas e
Desenvolvimento da Universidade dos Açores.

Orientação:

- Professora Doutora Elisabete Maria de Castro Lima
Professora Auxiliar do Departamento de Ciências Tecnológicas
e Desenvolvimento da Universidade dos Açores

- Professor Doutor José António Bettencourt Baptista
Membro Honorário do Departamento de Ciências
Tecnológicas e Desenvolvimento da Universidade dos Açores

AGRADECIMENTOS

Aos meus orientadores, Professora Elisabete Lima e Professor José Baptista, pelo apoio incondicional, pela sua constante orientação e preocupação em transmitir conhecimentos, pela sua simpatia, amizade, boa disposição e empenho com que me ajudaram na elaboração e conclusão desta tese. Por me ajudarem a descobrir o que fazer de melhor e, assim, fazê-lo cada vez melhor.

À Professora Graça Silveira, na qualidade de docente e coordenadora do mestrado em Tecnologia e Segurança Alimentar.

Ao Departamento de Ciências Tecnológicas e Desenvolvimento e à Universidade dos Açores pela cedência das instalações para a realização de todo o trabalho prático.

Ao grupo de Biologia marinha pela ajuda na recolha e identificação das algas.

Aos meus pais, pelo apoio e pelos ensinamentos e valores que me inculcaram e pelos quais regem a minha vida.

Mais uma vez, à Professora Elisabete Lima e ao Professor José Baptista, na qualidade de meus superiores hierárquicos, que sempre mostraram total flexibilidade no meu horário de trabalho para que pudesse comparecer às aulas assim como para a realização dos trabalhos práticos.

A todos os meus colegas, pelos bons momentos de convívio proporcionados ao longo do curso.

A TODOS, O MEU MUITO OBRIGADO!

“Mestre é aquele que estende a mão, inicia o diálogo e encaminha para a aventura da vida. Não é só o que ensina fórmulas, regras, raciocínios, mas o que questiona e desperta para a realidade. Àqueles que me ensinaram muito mais que teorias, que nos preparam também para a vida.”

Autor desconhecido

ÍNDICE GERAL

RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
CAPÍTULO I. INTRODUÇÃO	1
1.1. Caracterização do Arquipélago dos Açores	5
1.2. Breve caracterização da flora algal dos Açores	6
1.3. Algas e a alimentação	7
1.4. Algas e a indústria	9
1.5. Algas e sua ação terapêutica/farmacológica	11
1.6. Objetivos	13
CAPÍTULO II. RECOLHA DA MATÉRIA-PRIMA E PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS	15
2.1. Recolha da matéria-prima	17
2.2. Preparação das amostras	17
CAPÍTULO III. PROTEÍNAS	19
3.1. Generalidades	21
3.2. Metodologia	24
3.2.1. Determinação das proteínas pelo método de Kjeldahl (AOAC, 1990)	24
3.2.1.1. Digestão	25
3.2.1.2. Destilação	26
3.2.1.3. Titulação	26
3.2.2. Procedimento	27
3.2.2.1. Titulação	27
3.2.2.2. Destilação	28
3.2.2.3. Titulação	28
3.3. Resultados	29
3.4. Discussão/Conclusão	30
CAPÍTULO IV. FIBRAS	33
4.1. Generalidades	35
4.2. Metodologia	38

4.2.1. Determinação da Fibra bruta pelo método de Weende (AOAC,1990)....	38
4.2.2. Procedimento	39
4.2.2.1. Hidrólise ácida	39
4.2.2.2. Hidrólise básica	40
4.3. Resultados	41
4.4. Discussão/Conclusão	41
CAPÍTULO V. HIDRATOS DE CARBONO	43
5.1. Generalidades	45
5.2. Metodologia	47
5.2.1. Quantificação dos Hidratos de Carbono Totais pelo método colorimétrico de Fenol-Ácido Sulfúrico	47
5.2.2. Procedimento	47
5.3. Resultados	48
5.4. Discussão/Conclusão	50
CAPÍTULO VI. LÍPIDOS E ÁCIDOS GORDOS	53
6.1. Generalidades	55
6.2. Metodologia	60
6.2.1. Quantificação do perfil dos Ácidos Gordos	60
6.2.2. Procedimento	61
6.2.2.1. Extração dos lípidos totais pelo método gravimétrico de soxhlet	61
6.2.2.2. Quantificação do perfil dos ácidos gordos	62
6.2.2.3. Condições experimentais	63
6.3. Resultados	64
6.4. Discussão/Conclusão	66
CAPÍTULO VII. MINERAIS	69
7.1. Generalidades	71
7.2. Metodologia	73
7.2.1. Quantificação dos minerais	73
7.2.2. Procedimento	74
7.2.2.1. Condições experimentais	75
7.3. Resultados	76

7.4. Discussão/Conclusão	76
CAPÍTULO VIII. VITAMINAS	79
8.1. Generalidades	81
8.2. Metodologia	86
8.2.1. Extração e Quantificação das Vitaminas Lipossolúveis	86
8.2.2. Procedimento	87
8.2.2.1. Condições experimentais	88
8.3. Resultados	89
8.4. Discussão/Conclusão	89
CAPÍTULO IX. CONCLUSÕES FINAIS	93
BIBLIOGRAFIA	99
ANEXOS	113

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I.1. Localização geográfica do arquipélago dos Açores	5
Figura I.2. Macroalgas marinhas açorianas utilizadas na alimentação	9
Figura I.3. Macroalgas marinhas açorianas utilizadas na indústria	10
Figura II.1. Macroalgas	17
Figura III.1. Desnaturação das proteínas	22
Figura III.2. Processo de digestão	28
Figura III.3. Processo de destilação	28
Figura III.4. Processo de titulação	28
Figura III.5. Comparação do teor de proteínas das macroalgas com o de alguns alimentos comuns	29
Figura IV.1. A) Extrator de Fibras; B) Processo de digestão	40
Figura V.1. Comparação dos teores de hidratos de carbono das macroalgas com o de alguns alimentos comuns	49
Figura V.2. Recta de calibração da glucose	49
Figura VI.1. Estrutura molecular dos ácidos gordos	56
Figura VI.2. Processo de extração dos lípidos por soxhlet	62
Figura VI.3. Cromatógrafo de gás e sua estrutura	63

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela III.1. Teor de proteínas (% de peso seco) das macroalgas	29
Tabela IV.1. Conteúdo em fibras alimentares de algumas algas, frutas, vegetais e cereais (adaptado de Elleuch <i>et al.</i> , 2011)	38
Tabela IV.2. Teores em cinzas e fibra bruta das macroalgas (% de peso seco)	41
Tabela V.1. Teor de hidratos de carbono (% de peso seco) das macroalgas	48
Tabela VI.1. Teor em lípidos totais (% peso seco) e composição em ácidos gordos (% do total dos FAME) das macroalgas	64
Tabela VI.2. Proporção dos diferentes grupos de ácidos gordos (% do total dos FAME) das macroalgas	66
Tabela VII.1. Conteúdo em minerais (mg/100g de peso seco) das macroalgas comparado com o de alguns alimentos	76
Tabela VIII.1. Conteúdo em vitaminas lipossolúveis (mg/100g de peso seco) das macroalgas comparado com o de alguns alimentos	89

RESUMO

As macroalgas destacam-se pelo seu importante papel no ecossistema marinho, fazendo parte do primeiro nível da cadeia alimentar dos oceanos.

Devido à sua diversidade de constituintes, as algas têm sido amplamente utilizadas, em muitas partes do mundo, como fonte de compostos essenciais para a nutrição humana. São fonte de: proteínas de excelente qualidade, pois contêm todos os aminoácidos essenciais; ácidos gordos poliinsaturados, em especial da família ómega-3 e outros ácidos gordos essenciais; hidratos de carbono; vitaminas; minerais (magnésio e cálcio); fibras dietéticas (como alginatos e carraginos) e metabolitos secundários bioativos (como fitoesteróis e polifenóis). Assim, o consumo de algas poderá constituir uma das melhores formas de corrigir as carências nutricionais da alimentação das sociedades industrializadas ocidentais, cuja elevada incidência de doenças relacionadas com a nutrição está a conduzir a grandes mudanças nos padrões do consumo alimentar, com a preocupação da procura de alimentos funcionais que possam promover a saúde.

Sobretudo durante a última década, as algas têm-se tornado uma fonte natural muito interessante para a investigação de novas estruturas moleculares bioativas que tenham potencial para estar na base de futuros medicamentos e/ou como novos ingredientes alimentares com diferentes propriedades funcionais. Para a pesquisa destas novas estruturas foi importante o desenvolvimento de novas metodologias analíticas capazes de fornecer uma caracterização química mais sistemática dos compostos existentes nas algas.

No Arquipélago dos Açores, as macroalgas marinhas *Fucus spiralis*, *Osmundea pinnatifida* e *Ulva rigida* são tradicionalmente consumidas por populações de algumas ilhas, mas existe pouca informação sobre o seu valor nutricional. De forma a proporcionar um maior conhecimento sobre a composição química destas algas, o presente trabalho teve como objetivo o estudo e aplicação de várias sequências de metodologias para determinar a composição química das três espécies de macroalgas referidas, assim como a confirmação de serem potencialmente rentáveis do ponto de vista da biotecnologia e de diversas perspetivas comerciais futuras.

Este trabalho apresenta informação sobre aspetos nutricionais em termos de: proteínas; fibras; hidratos de carbono; lípidos; perfil de ácidos gordos, ácidos gordos saturados, monoinsaturados, poliinsaturados e *trans*, razão n-6/n-3 e h/H (ácidos gordos hipocolesterolémicos/hipercolesterolémicos); minerais (Na, K, Mg, Ca e razão Na/K) e vitaminas lipossolúveis (A, E, D₂, D₃, K₁ e K₃). Os resultados confirmam que as macroalgas em estudo são uma excelente fonte dos referidos macro- e micronutrientes, e revelam um perfil de ácidos gordos e de minerais considerados saudáveis, pelo que o seu consumo regular poderá contribuir significativamente para melhorar os desequilíbrios nutricionais e conseqüentemente a saúde humana.

Os resultados obtidos neste estudo representam uma contribuição muito importante para a valorização dos produtos algais dos Açores. Estes, se qualificados e caracterizados, poderão ter um forte impacto económico para a Região Autónoma dos Açores, cuja costa se distingue por ser um local de muito reduzida poluição marinha.

Palavras-chave: Açores; Macroalgas marinhas; Composição química; Proteínas; Fibras; Hidratos de Carbono; Ácidos gordos; Minerais; Vitaminas; Valor nutricional e terapêutico; Biotecnologia.

ABSTRACT

Macroalgae are important organisms because of their strong impact on marine ecosystems, as the first level of the ocean's food chain.

Because of their various constituents, macroalgae have been largely used in many parts of the globe as a source of the essential compounds for human nutrition. They are sources of proteins with excellent quality because they contain all the essential amino acids, polyunsaturated fatty acids, particularly from the omega 3 series and other essential fatty acids, carbohydrates, vitamins and minerals (magnesium and calcium) and dietetic fibers (alginates and carragenates) and secondary bioactive metabolites as phytosterols and polyphenols. As a result, the consumption of macroalgae may be one of the best ways to correct unbalanced nutritional diet from western industrialized societies. The large incidence of nutritional related diseases is leading to large alterations of common diets and the need to find functional foods that promote good health.

Particularly during the last decade, macroalgae have been a very promising natural source for investigating natural novel molecular bioactive structures with the potential to be used in future medical formulas, as well as being a source of new food ingredients with different functional properties. To investigate these novel molecular structures was important to develop new analytical procedures in order to perform a complete chemically characterization of the macroalgae constituents.

In the Azores archipelago the marine macroalgae *Fucus spiralis*, *Osmundea pinnatifida* and *Ulva rigida* have been traditionally consumed by the population of some islands, but there is still scarce information about their nutritional values. In order to provide a better understanding about the macroalgae chemical composition, the present study has the objective to develop and to apply several sequential methodologies in order to determine the chemical composition of the three referred macroalgae as well as to confirm the success of their biotechnological exploration and their use in future commercial perspectives.

This study revealed information about the nutritional aspects in terms of proteins; fibers; carbohydrates; lipids; fatty acids profiles, saturated fatty acids, mono-unsaturated, poly-unsaturated and *trans*, n-6/n-3 ratio and h/H ratio

(hypocholesterolemic/hypercholesterolemic fatty acids); minerals (Na, K, Mg, Ca, and Na/K ratio) and fat soluble vitamins (A, E, D₂, D₃, K₁, e K₃). The results confirmed that macroalgae in this study are an excellent source of the referred macro- and micronutrients and also revealed that a regular consumption may contribute significantly to correct unbalanced diets and consequently improve the human health.

The revealed results from this study present a very important contribution for the understanding Azorean algal products. This material after qualification and characterization will have a strong economic impact on the Azores Region that is characterized as a local with a very low marine pollution.

Keywords: Azores; Marine macroalgae; Chemical composition, Proteins, Fibers, Carbohydrates, Fatty Acids, Minerals, Vitamins, Nutritional and therapeutic value; Biotechnology.

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

I. INTRODUÇÃO

A ficologia ou algologia é o estudo das algas e deriva do grego *phycos* que significa alga marinha (Lee, 1999). As algas pertencem ao reino vegetal e constituem uma ampla diversidade de organismos que podem ser definidos em termos de morfologia e fisiologia geral (Bellinger e Sigeo, 2010). Nem todas as espécies de algas são plantas na atual classificação dos seres vivos e nem todas vivem no mar, no entanto, apresentam uma característica comum, que é a presença de clorofila nas suas células. As algas habitam ambientes terrestres húmidos ou meios aquáticos de água doce ou salgada.

As algas são organismos autotróficos e fotossintetizantes que diferem das plantas terrestres por não formarem tecidos nem órgãos ordenados, ou seja, não apresentam uma estrutura dividida em raiz, caule e folhas (Van Den Hoek *et al.*, 1995; Neto *et al.*, 2005).

As algas têm uma função primordial no ciclo de vida do ambiente marinho e são chamados organismos produtores, pois produzem tecidos vivos a partir da fotossíntese e fazem parte do primeiro nível da cadeia alimentar, sendo utilizadas como alimento por peixes e caranguejos herbívoros entre outros, filtradores (ascídias, esponjas, moluscos, crustáceos) e animais do plâncton (zooplâncton). Por outro lado, são uma grande fonte de oxigénio, possuindo um papel fundamental na manutenção da vida no planeta (Bellinger e Sigeo 2010), são, portanto, o verdadeiro pulmão do mundo, uma vez que produzem mais oxigénio pela fotossíntese do que precisam na respiração, sendo o excesso libertado para o ambiente.

Além dessas importantes características (consumir gás carbónico para realizar a fotossíntese e produzir oxigénio para a respiração de toda a fauna) as algas são um grupo muito diverso, contribuindo significativamente para elevar a biodiversidade marinha (Bellinger e Sigeo 2010). Sendo ecológica e biologicamente importantes, as algas fornecem componentes nutricionais, medicinais e um ambiente para outros organismos vivos se adaptarem (McClanahan *et al.*, 2002). Assim, têm sido utilizadas, desde a antiguidade, na alimentação das comunidades costeiras e, também, na medicina e na farmacologia, pela sua ação antimicrobiana, antitumoral, antiviral e

pelas propriedades anticoagulantes. Além disso, são usadas na cosmética e nas indústrias têxtil e da construção (Fleurence, 1999).

As macroalgas podem ser classificadas como algas vermelhas (Rhodophyta), castanhas (Heterokontophyta, *Phaeophyceae*) ou verdes (Chlorophyta), dependendo da sua composição química e conseqüentemente nutricional (Dawczynski *et al.*, 2007). Sendo organismos com diversos compostos ativos com propriedades benéficas para a saúde, a sua utilização como ingrediente funcional abre novas possibilidades no processamento de alimentos (Fleurence, 1999; Cofrades *et al.*, 2008), contudo estes organismos estão expostos a variações sazonais, que influenciam o seu metabolismo (fotossíntese e crescimento) e, conseqüentemente os teores dos seus constituintes químicos (Orduña-Rojas *et al.*, 2002).

Esta dissertação de mestrado tem como objetivo a determinação de algumas das características nutricionais de algas edíveis dos Açores e a avaliação do seu potencial uso para a indústria de nutracêuticos.

A tese encontra-se estruturada em nove capítulos, incluindo o presente capítulo introdutório. O segundo capítulo refere-se à recolha e à preparação das amostras para posterior caracterização bioquímica, abordada no terceiro a oitavo capítulos, nomeadamente: teor de proteína bruta (cap. III), de fibra bruta (cap. IV) e de hidratos de carbono totais (cap. V); teor de lípidos totais e caracterização do perfil dos ácidos gordos (cap. VI) e conteúdo de minerais e vitaminas lipossolúveis (cap. VII e VIII, respetivamente). Cada um destes capítulos encontra-se subdividido em quatro secções: (i) breve introdução ao nutriente em estudo; (ii) metodologia desenvolvida para a sua deteção e quantificação e, nalguns casos, para a sua extração, separação e identificação; (iii) apresentação dos resultados obtidos com o trabalho experimental desenvolvido e (iv) discussão dos resultados obtidos e descrição das principais conclusões. No nono e último capítulo, apresentam-se as conclusões finais deste trabalho e as suas perspetivas futuras.

1.1. Caracterização do Arquipélago dos Açores

O arquipélago dos Açores situa-se em pleno Oceano Atlântico Norte entre as latitudes 37º e 40º Norte e as longitudes 25º e 31º Oeste, a uma distância de cerca de 1600 km do continente europeu. É composto por nove ilhas e diversos ilhéus, todos de origem vulcânica. As ilhas do arquipélago dos Açores estendem-se por uma faixa com cerca de 600 km de extensão, divididas em três grupos distintos (Figura I.1.): o Grupo Ocidental inclui as ilhas de Flores e Corvo, o Grupo Central as ilhas Terceira, Graciosa, São Jorge, Pico e Faial, enquanto o Grupo Oriental integra as ilhas de São Miguel e Santa Maria e os Ilhéus das Formigas.

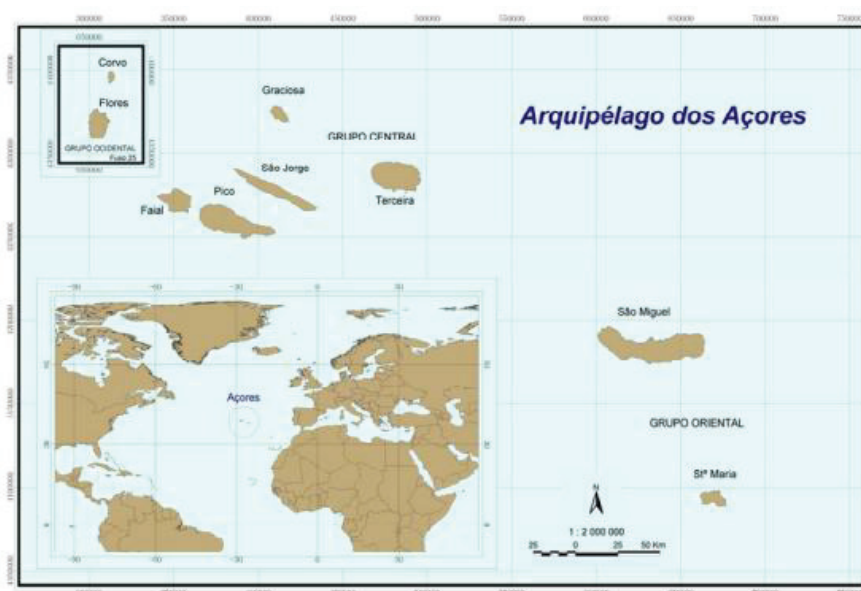


Figura I.1. Localização geográfica do arquipélago dos Açores

(Fonte: Secção de Geografia, 2005).

O arquipélago dos Açores tem um clima marítimo com temperaturas médias amenas que variam desde 16 °C no Inverno aos 26 °C (79 °F) no Verão. As temperaturas do mar sofrem influências da Corrente do Golfo e da contra-Corrente do Labrador, sendo também amenas e entre os 14 °C e os 22 °C em média (Morton *et al.*, 1998).

1.2. Breve caracterização da flora algal dos Açores

A flora marinha dos Açores mostra uma zonação muito evidente, sendo mais acentuada no intertidal (Neto 2000a, b). Estudos realizados por alguns autores, tiveram como objetivo o conhecimento e a divulgação da flora algal dos Açores (Seubert em 1844 referenciou 44 espécies de macroalgas marinhas, assim como Hunt (1846), Agardh (1870) e Sampaio (1904), nos anos seguintes). Otto Christian Schmidt publica, em 1931, a primeira flora algal do arquipélago. Na década de 90, Neto (1994) elaborou uma lista de espécies de macroalgas marinhas tendo em conta as referências anteriores, e que tem sido enriquecida até aos dias de hoje através de várias publicações científicas da especialidade.

Nos Açores estão referenciadas cerca de 368 espécies de macroalgas marinhas (56 *Chlorophyceae*, 75 *Phaeophyceae* e 237 *Rhodophyceae*), um número significativamente elevado quando comparado com outras regiões frias do Norte Atlântico. Algumas algas apresentam uma sazonalidade, enquanto outras são perenes e persistem vários anos. Existem também as espécies anuais de crescimento rápido que mantêm a população estável ao longo do ano, transmitindo a sensação de serem perenes (Neto *et al.*, 2005).

De acordo com Neto (2000 a,b) e Couto (2003), as Rhodophyta são o grupo taxonómico dominante na zona intertidal da ilha de São Miguel. Neto também observou alterações sazonais no crescimento e reprodução de algumas espécies de macroalgas açorianas.

Segundo Couto (2003), é no inverno que se observa maior número de grupos taxonómicos e no verão o menor número. Quanto à variação dos *taxa* por estações do ano, o maior número de Rhodophyta aumenta desde o fim do verão até ao inverno e as Heterokontophyta (*Phaeophyceae*) apresentam um maior número de espécies no outono e as Chlorophyta na primavera.

As macroalgas marinhas ocorrem principalmente fixas às rochas, e podem crescer na areia, recifes de coral, cascos de barcos, pilares de portos, mas sempre na presença de luz e nutrientes. São muito abundantes na zona entre-marés, onde formam densas faixas nas rochas. Estas algas são representadas pelas algas verdes,

castanhas e vermelhas, podendo apresentar formas muito variadas: foliáceas, arborescentes, filamentosas e ramificadas (Ramos *et al.*, 1998).

As algas apresentam uma grande variabilidade no seu conteúdo em nutrientes e estas diferenças estão relacionadas com diversos fatores ambientais, como a temperatura das águas, salinidade, luz e nutrientes disponíveis (Dawes, 1998). Grande parte dos parâmetros ambientais variam de acordo com a estação do ano, sendo que as alterações nas condições ecológicas podem estimular ou inibir a biossíntese de vários nutrientes (Lobban *et al.*, 1985).

1.3. Algas e a alimentação

Nos últimos anos, tem surgido um crescente interesse nos chamados grupos de alimentos funcionais, entre os quais as algas, que têm merecido reconhecimento por serem um grupo de alimentos capaz de proporcionar benefícios fisiológicos e nutricionais adicionais (Goldberg, 1994; Madhusudan *et al.*, 2011), em virtude da sua composição equilibrada, o que tem despertado muito interesse na comunidade científica (Pereira, 2011).

Um alimento funcional pode ser definido como um alimento que produz um efeito benéfico em uma ou mais funções fisiológicas, proporcionando o aumento do bem-estar e ou diminuindo o risco de sofrer o aparecimento ou o desenvolvimento de uma doença particular. As funcionalidades são muito mais preventivas do que curativas, além disso, os novos tipos de produtos derivados, a partir de alimentos, muitas vezes referidos como nutracêuticos, foram recentemente desenvolvidos e são amplamente comercializados (Pereira, 2011).

Os alimentos funcionais são geralmente usados como suplementos alimentares, em vez de alimentos integrais e são comercializados na forma concentrada (comprimidos ou drageias) podendo fornecer benefícios para a saúde. Frequentemente, estes alimentos, são obtidos a partir de alimentos tradicionais, enriquecidos com um ingrediente que é capaz de proporcionar ou promover uma ação benéfica para a saúde humana. Segundo Madhusudan *et al.* (2011), muitos compostos

biologicamente ativos estão presentes nas algas e podem ser utilizadas como agentes terapêuticos em suplementos dietéticos.

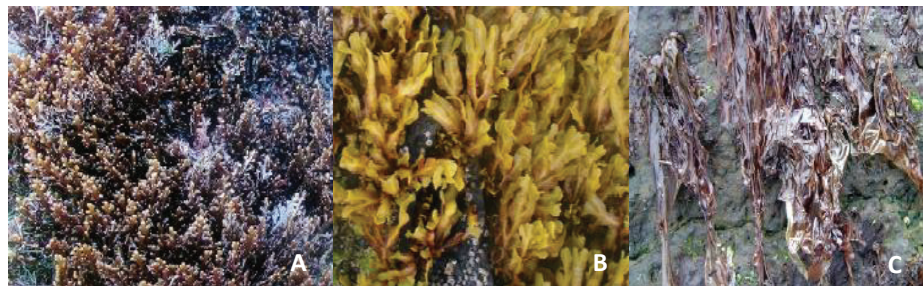
Desde a antiguidade que as algas fazem parte da dieta tradicional das comunidades costeiras. O seu consumo é mais expressivo na Ásia Oriental, especialmente no Japão, China e Coreia. Muitos estudos têm mostrado que as macroalgas contêm quantidades significativas de proteínas (Patarra *et al.*, 2011), vitaminas e minerais essenciais para a nutrição humana (Jensen, 1993). Devido ao seu elevado teor em proteínas, as algas tornaram-se mais importantes para a indústria alimentar, especialmente nos países desenvolvidos (Wong e Cheung, 2000). As algas comestíveis contêm proteínas de elevado valor biológico, concentrações elevadas de vitaminas, uma proporção elevada de ácidos gordos insaturados essenciais, particularmente os de cadeia longa, ácidos gordos n-3 poliinsaturados, antioxidantes e, ainda, são uma excelente fonte de minerais e fibras (Fleurence *et al.*, 1994; Fleurence 1999; Kolb *et al.*, 2004; Sánchez-Machado *et al.*, 2004; Smit, 2004; Cardozo *et al.*, 2007; Paiva *et al.*, 2012).

As algas vermelhas (Rhodophyta) e castanhas (Heterokontophyta, *Phaeophyceae*) são os grupos de algas mais consumidas, pois são utilizadas principalmente como fontes de alimentos para os humanos, e podem ser cultivadas em viveiros ou simplesmente recolhidas no ambiente marinho. No Japão têm sido utilizadas como matéria-prima no fabrico de produtos alimentares, tais como compota, queijo, vinho, chá, sopa e macarrão e nos países ocidentais, principalmente como uma fonte de polissacarídeos para alimentos e usos farmacêuticos (Indegaard e Minsaas, 1991; Mabeau e Fleurence, 1993; Pereira, 2011). Algumas das algas comestíveis mais conhecidas são o “nori” (*Porphyra*), utilizado pelos japoneses na preparação de sushi, o “kombu” (*Laminaria*) e o “wakame” (*Undaria pinnatifida*) que fazem parte de pratos chineses e japoneses, como sopas, molhos e carnes (Faccini, 2007).

Em algumas ilhas dos Açores, as algas são tradicionalmente utilizadas para consumo humano ou para fins comerciais. As algas vermelhas *Laurencia* e *Osmundea* (Figura I.2. A), mais conhecidas como “erva malagueta”, são conservadas em vinagre e consumidas a acompanhar peixe frito. As algas *Pterocladia capillacea* e *Gelidium microdon* são utilizadas para uso comercial, na produção industrial de ágar. A alga

castanha *Fucus spiralis* (Figura I.2. B) conhecida como “tremoço do mar”, é uma iguaria local, e é considerada um petisco, sendo usadas as porções reprodutivas terminais do seu talo e consumidas frescas. A *Porphyra*, (Figura I.2. C) conhecida como “erva patinha”, é apanhada e consumida frita ou incorporada em sopas, tortas e omeletes (Neto *et al.*, 2005).

Com a atual tendência dos consumidores para adotarem o consumo de alimentos organicamente naturais provenientes de ambientes limpos, as algas começam a receber uma maior aceitação por parte do público. O consumo de algas seria uma excelente opção, particularmente no Arquipélago dos Açores que possui águas não poluídas e com excelentes condições ambientais, de acordo com os parâmetros da Diretiva Quadro da Água (Neto *et al.*, 2009).



Fotos: Biologia Marinha UAc

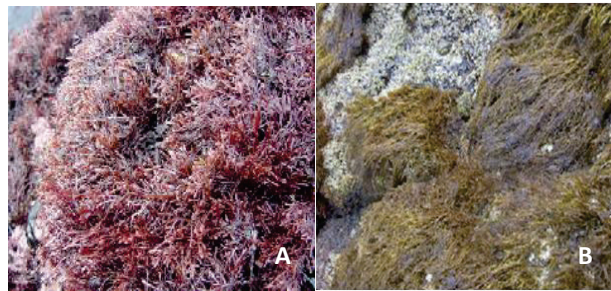
Figura I.2. Macroalgas marinhas açorianas utilizadas na alimentação.

A) *Osmundea pinnatifida*; B) *Fucus spiralis*; C) *Porphyra* sp.

1.4. Algas e a indústria

A produção de algas marinhas a nível mundial atingiu em 2000 cerca de 10 milhões de toneladas. Os 12 principais países produtores são: China, França, Reino Unido, Japão, Chile, Filipinas, Coreia, Indonésia, Noruega, EUA, Canadá e Irlanda (Pereira, 2011). Um exemplo da comercialização de algas e conseqüente lucro monetário é como fertilizante que movimenta cerca de 15 milhões de dólares por ano. Há diversas indústrias espalhadas pelo mundo que investem neste tipo de produtos, conseguindo cerca de 10 mil toneladas de ração produzidas a partir de cerca de 50 mil toneladas de algas frescas movimentando cerca de 5 milhões de dólares (Faccini, 2007).

As algas podem ser utilizadas na indústria como fontes de ágar, muito importantes especialmente na indústria alimentar, apresentando propriedades como espessantes, gelificantes e estabilizantes e na fabricação de cosméticos (Pereira, 2011). O ágar é um ficocolóide com a propriedade de formar géis e é constituído por dois polissacarídeos, a agarose e a agarpectina, sendo a agarose um produto muito utilizado em biotecnologia. O ágar é extraído industrialmente a partir das algas *Gelidium microdon*, *Pterocliadiella capillacea* (Figura 1.3.) e da *Gracilaria gracilis* e tem sido utilizado como agente gelificante para geleias de frutas e vegetais e em confeitarias. O ágar-ágar é também utilizado na indústria farmacêutica para a preparação de emulsões líquidas para o tratamento da obstipação e como agente gelificante em géis e pomadas (Faccini, 2007).



Fotos: Biologia Marinha UAc

Figura 1.3. Macroalgas marinhas açorianas utilizadas na indústria.

A) *Pterocliadiella capillacea*; B) *Gelidium microdon*

Na indústria da cosmética, as algas têm vindo a cimentar a sua presença, devido a uma ampla variedade das suas propriedades, como estimulantes do metabolismo tecidual e da circulação sanguínea, tonificação dos tecidos cutâneos, hidratação dos tecidos, prevenindo o envelhecimento da pele, estimulação e bom funcionamento das glândulas sebáceas e regulação do conteúdo hídrico, facilitando a eliminação de toxinas (Pereira, 2011).

Numa outra vertente, as algas são uma fonte importante de nitrogénio, potássio e outros nutrientes minerais que podem ser utilizadas para melhorar a textura e retenção da humidade no solo. As algas calcárias têm sido utilizadas como corretivo de solos ácidos em vários países como a Inglaterra, Escócia, Irlanda e Dinamarca (Faccini, 2007). As algas têm também a capacidade de produzir diversas substâncias químicas que são utilizadas desde muitos anos, nos mais diversos segmentos da Indústria, sendo

que ainda há muito por explorar e a biotecnologia tem aqui um papel importante, pois serão precisos mais estudos de forma a estimular as empresas a investir nesta área.

1.5. Algas e sua ação terapêutica/farmacológica

O uso medicinal das algas na cura e prevenção de doenças faz parte da cultura milenar de muitos países, como China, Coreia e Japão. A eficácia de uma espécie de alga parda (*Laminaria* spp) já foi reconhecida no tratamento do bócio (Pereira, 2011), doença resultante do incorreto metabolismo do iodo ou pela sua carência. Esta alga apresenta quantidades significativas de iodo, podendo ser ingerida para compensar esta falta.

O género *Chlorella*, por exemplo, é estudado desde a década de 30, sendo-lhe atribuído propriedades contra o cancro, anemia, periodontites e infeções de vários tipos, além de possuir uma elevada concentração de clorofila, que é bactericida. Espécies do género *Sargassum* e *Laminaria* também têm sido utilizadas no Japão para o tratamento do cancro (Faccini, 2007). Banhos com algas ou aplicações de algas na pele associadas à radiação infravermelha têm sido utilizados no tratamento de dores reumáticas e osteoporose (Faccini, 2007). As algas verdes têm sido usadas como vermífugos, adstringentes e no tratamento da gota. As algas castanhas destinam-se ao tratamento de reumatismo, arteriosclerose, hipertensão, transtornos menstruais, bócio, úlceras gástricas, doenças de pele, sífilis e efeito anticoagulante. As algas vermelhas são utilizadas como anticoagulantes, anti-helmínticos, vermífugos e para o tratamento de gastrites (Ebadi, 2006).

Alguns medicamentos, utilizados na regulação do apetite, contêm substâncias extraídas de algas, que, ao entrarem em contacto com soluções aquosas, expandem-se no interior do estômago, transmitindo ao cérebro uma sensação de saciedade.

O consumo regular de macroalgas pode aumentar a ingestão de proteínas, fibras, vitaminas, aminoácidos essenciais, e ácidos gordos poliinsaturados, que previnem a ocorrência de algumas doenças crónicas (diabetes, obesidade, doenças cardiovasculares, cancros, entre outras), que estão associadas com dietas pobres em fibras dos países ocidentais (Southgate, 1990). As algas ricas em fibras alimentares,

facilitam o trânsito intestinal, baixam o colesterol no sangue e reduzem doenças como o cancro do cólon (Guidel-Urbano e Goni, 2002). A Ingestão de fibras solúveis pode exercer efeitos prebióticos, provavelmente devido ao crescimento de bifidobactérias (Hoebler *et al.*, 2000). Em combinação com alimentos que provocam elevados níveis de glicémia, as fibras solúveis reduzem a resposta glicémica (Goni *et al.*, 2000), nomeadamente a redução do colesterol, e a modulação da glicose no sangue (Brennan, 2005).

Embora já tenham sido desenvolvidas muitas aplicações para as algas e seus componentes, diversos setores como as indústrias química, alimentar e farmacêutica, continuam a realizar estudos na procura de novos componentes bioativos. E, com certeza, ainda há muito a ser explorado sobre esses incríveis organismos.

1.6. Objetivos

O presente trabalho tem como objetivo geral a determinação da composição química de três espécies de macroalgas marinhas (*Fucus spiralis*, *Osmundea pinnatifida* e *Ulva rigida*) mais comuns nos ecossistemas do litoral dos Açores, mais propriamente da ilha de São Miguel, e que podem ser potencialmente rentáveis do ponto de vista da biotecnologia e de diversas perspetivas comerciais futuras, uma vez que são tradicionalmente consumidas por populações de algumas ilhas do arquipélago.

Para o efeito são propostos os seguintes objetivos específicos:

- Determinar o teor de proteína bruta;
- Determinar o teor de fibra bruta;
- Quantificar os hidratos de carbono totais;
- Quantificar os lípidos totais;
- Caracterizar o perfil dos ácidos gordos (FA) e determinar os ácidos gordos saturados, monoinsaturados, poliinsaturados e *trans* (SFA, MUFA, PUFA e TFA, respetivamente), assim como a razão de ómega-6 e ómega-3 (n-6/n-3) e a razão de ácidos gordos hipocolesterolémicos e hipercolesterolémicos (h/H);
- Determinar qualitativamente e quantitativamente o conteúdo em minerais;
- Dosear o teor de vitaminas lipossolúveis;
- Correlacionar a composição química das macroalgas com o seu potencial efeito benéfico para a saúde humana, tendo em vista o seu aproveitamento como suplemento alimentar, assim como a criação de novos nutracêuticos/alimentos funcionais.