



INSTITUTO POLITÉCNICO  
DE VIANA DO CASTELO

Maria Isabel Correia Pimenta

MACROALGAS NA ALIMENTAÇÃO HUMANA  
A congelação como processo de conservação

Mestrado em Empreendedorismo e Inovação na Indústria Alimentar  
Engenharia Alimentar

Trabalho efectuado sob a orientação do  
Professor(a) Doutor(a) Rita Pinheiro

Dezembro de 2010

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todos àqueles que deram a sua contribuição para que este trabalho fosse realizado. A todos eles deixo aqui o meu agradecimento sincero.

Destaco a Doutora Rita Pinheiro pela competência com que me orientou e o tempo que generosamente me dedicou transmitindo-me os melhores e mais úteis ensinamentos, com paciência, compreensão, lucidez e confiança. Obrigada pela sua amizade.

Ao Professor Doutor Rui Alves pelo auxílio na resolução de problemas que foram surgindo.

À Doutora Susana Fonseca pela cedência de livros que muito me ajudaram na elaboração do capítulo da Revisão Bibliográfica.

À Engenheira Carla Barbosa pela disponibilidade, orientação e apoio durante as provas de análise sensorial, e no tratamento estatístico dos dados.

À D. Isabel Alves, técnica do laboratório de Tecnologias Alimentares, pelo empenho, apoio e disponibilidade durante a realização do trabalho experimental.

A todas as pessoas que integraram o painel de provadores.

Ao Filipe por todo o companheirismo, cumplicidade e amor que me dedica.

À minha família pelo apoio nos bons e maus momentos.

À Cristina Poço pela ajuda na tradução do resumo.



## RESUMO

A costa litoral portuguesa apresenta uma elevada riqueza em macroalgas comestíveis, no entanto, o seu consumo ainda é reduzido ao contrário dos países asiáticos como a China e o Japão.

As algas apresentam uma elevada composição em micronutrientes tais como vitaminas e minerais, contém proteínas com aminoácidos essenciais, hidratos de carbono e uma reduzida quantidade de gordura. Apresentam inúmeras vantagens ao nível da saúde, como a estimulação e regulação do metabolismo e reforçam as defesas naturais.

Numa perspectiva de potenciar o consumo das algas, foi estudado neste trabalho o efeito do processo de congelação em macroalgas, mais especificamente na *Laminaria ochroleuca*, nas propriedades físico-químicas, de textura e organolépticas. Além do processo de congelação também se estudou o efeito do tempo de regeneração, 10 e 30 minutos, das algas congeladas. Utilizou-se como referência a alga, da mesma espécie, desidratada, disponível no mercado.

Estudaram-se dois tipos diferentes de métodos de congelação, ultracongelação e congelação lenta, realizados em três equipamentos diferentes, túnel de ultracongelação, abatedor de temperatura e câmara de congelação. As temperaturas de congelação variam entre -20°C, -30°C e -40°C, no túnel de congelação, com ventilação, constante, de ar forçado de 6,20 m/s, e no abatedor, a velocidade de ar foi de 3,15 m/s e a temperatura de -40°C. Este trabalho englobou o estudo da textura (dureza e energia de ruptura), cor e teor de cinzas. Na análise sensorial efectuada foram caracterizados atributos como aspecto, textura, cheiro e sabor da alga.

Com os resultados obtidos concluiu-se que as algas sujeitas ao processo de congelação, independentemente da velocidade do processo, são menos duras do que a alga desidratada. Os resultados demonstraram também que a congelação não altera a cor das algas nem o seu teor de cinzas, isto é o conteúdo em minerais.

Com este trabalho foi possível concluir que o processo de ultra-congelação a -20°C é adequado à conservação da *Laminaria ochroleuca*, não influenciando as suas características.



## ABSTRACT

The Portuguese coastline is highly rich in edible macro algae; however, their consumption is still low in contrast to Asian countries like China and Japan

The algae have a high composition of micronutrients such as vitamins and minerals, contain proteins with essential amino acids, carbohydrates and a reduced amount of fat. They present many advantages in terms of health, such as the stimulation and regulation of metabolism and they strengthen the natural defenses.

From the perspective of maximizing the consumption of algae, this work studied the effect of the freezing process in macro algae, more specifically in *Laminaria ochroleuca*, in physical and chemical properties, texture and flavor. Besides the freezing process it was also studied the effect of time of regeneration of algae frozen after 10 and 30 min. It was used as a reference dried algae of the same species available in the market.

We studied two different methods of freezing, deep freezing and slow freezing, in three different equipments, freezing tunnel, blast chiller and the freezing room. We also varied temperatures in the tunnel freezer: -20 ° C, -30 ° C and -40 ° C with a constant ventilation of 6.20 m / s, as to the chiller, the ventilation speed was 3.15 m / s and the temperature of -40 ° C. This work included the study of texture (hardness), color and ash content. In the sensorial analysis carried out, it were characterized attributes as appearance, texture, smell and taste of the algae.

With these results it was concluded that the algae subject to freezing process, of the regardless of the speed of the process, is less harsh than that dried seaweed.

The results showed that freezing does not change the color of algae or of its ash content. With this work we concluded that the process of ultra-freezing at -20 ° C is suitable for the conservation of *Laminaria ochroleuca*, not influencing its characteristics.



# ÍNDICE

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>i</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>v</b>
<b>ÍNDICE</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>ix</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1. ENQUADRAMENTO .....	4
1.2. OBJECTIVOS .....	5
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>7</b>
2.1. MACROALGAS .....	9
2.2. ALGAS DO LITORAL PORTUGUÊS (ALGAS ATLÂNTICAS) .....	11
2.2.1. <i>Algas atlânticas comestíveis</i> .....	14
2.2.1.1. Nori ( <i>Porphyra umbilicalis</i> ) .....	14
2.2.1.2. Wakame ( <i>Undaria pinnatífida</i> ) .....	15
2.2.1.3. Esparguete do mar ( <i>Himanthalia elongata</i> ).....	16
2.2.1.4. Dulse ( <i>Palmaria palmata</i> ) .....	16
2.2.1.5. Kombu ( <i>Laminaria ochroleuca</i> e <i>Laminaria latissima</i> ( <i>Laminaria</i> <i>sacharina</i> )).....	17
2.2.1.6. Musgo da Irlanda ( <i>Chondrus crispus</i> ) .....	18
2.3. PROPRIEDADES DAS ALGAS (FÍSICO QUÍMICAS E NUTRICIONAIS) .....	19
2.3.1. Nori ( <i>Porphyra umbilicalis</i> ).....	21
2.3.2. Wakame ( <i>Undaria pinnatífida</i> ).....	21
2.3.3. Esparguete do mar ( <i>Himanthalia elongata</i> ).....	22
2.3.4. Dulse ( <i>Palmaria palmata</i> ).....	22
2.3.5. Kombu ( <i>Laminaria ochroleuca</i> e <i>Laminaria sacharina</i> ) .....	23
2.3.6. Musgo da Irlanda ( <i>Chondrus crispus</i> ) .....	23
2.4. UTILIZAÇÃO INDUSTRIAL DAS ALGAS.....	23
2.5. ESTUDOS EFECTUADOS COM ALGAS .....	25
2.6. PROCESSOS DE CONSERVAÇÃO .....	27
2.6.1. <i>Desidratação</i> .....	27
2.6.2. <i>Congelação</i> .....	28
2.6.3. <i>Estudos sobre congelação</i> .....	30
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>33</b>
3.1. ALGAS ESTUDADAS.....	35
3.1.1. <i>Algas frescas para o processo de congelação</i> .....	35

3.1.2.	<i>Tratamento da alga para o processo de congelção</i> .....	35
3.1.3.	<i>Alga desidratada</i> .....	36
3.2.	PROCESSOS DE CONGELAÇÃO.....	37
3.2.1.	<i>Túnel de congelção</i> .....	37
3.2.2.	<i>Abatedor de temperatura</i> .....	39
3.2.3.	<i>Câmara de congelção</i> .....	39
3.3.	ARMAZENAMENTO DAS AMOSTRAS.....	39
3.4.	REGENERAÇÃO DAS AMOSTRAS.....	39
3.5.	MÉTODOS ANALÍTICOS .....	40
3.5.1.	<i>Teor de Cinzas</i> .....	40
3.5.1.1.	<i>Secagem das algas</i> .....	40
3.5.1.2.	<i>Teor de cinzas nas algas após secagem</i> .....	40
3.5.2.	<i>Cor</i> .....	42
3.5.2.1.	<i>Descrição do método</i> .....	42
3.5.2.2.	<i>Procedimento experimental</i> .....	43
3.5.3.	<i>Textura</i> .....	44
3.5.3.1.	<i>Descrição do método</i> .....	44
3.5.3.2.	<i>Procedimento experimental</i> .....	44
3.5.4.	<i>Análise sensorial</i> .....	46
3.5.5.	<i>Análise Estatística</i> .....	48
<b>4.</b>	<b>DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b> .....	<b>49</b>
4.1.	EVOLUÇÃO DA TEMPERATURA DE CONGELAÇÃO EM FUNÇÃO DO TEMPO.....	51
4.2.	A TEXTURA DAS ALGAS .....	55
4.3.	A COR DAS ALGAS .....	59
4.4.	CINZAS .....	61
4.5.	ANÁLISE SENSORIAL .....	62
4.6.	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	69
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b> .....	<b>73</b>
<b>6.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>77</b>
	<b>APÊNDICE I</b> .....	<b>87</b>
	<b>APÊNDICE II</b> .....	<b>93</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Zona costeira .....	9
Figura 2- Alga vermelha .....	9
Figura 3 - Alga castanha .....	10
Figura 4 - Alga verde .....	10
Figura 5 – Mapa de Portugal (continental), com as principais cidades, as temperaturas da água do mar e das correntes principais. W – Inverno, S – Verão .....	11
Figura 6 - Vista da zona intertidal baixo da praia do Norte, em Viana do Castelo .....	13
Figura 7 - <i>Zonaria tournefortii</i> .....	14
Figura 8 – <i>Porphyra umbilicalis</i> .....	15
Figura 9 – <i>Undaria pinatifida</i> .....	15
Figura 10 – <i>Himanthalia elongata</i> .....	16
Figura 11 – <i>Palmaria palmata</i> .....	17
Figura 12 – <i>Laminaria ochroleuca</i> .....	18
Figura 13 – <i>Laminaria saccharina</i> .....	18
Figura 14 – <i>Chondrus crispus</i> .....	19
Figura 15 - Dados do tempo e temperatura durante a congelação .....	29
Figura 16 - Termopar utilizado no controlo da temperatura de congelação.....	36
Figura 17 – Alga desidratada utilizada nos diversos ensaios .....	36
Figura 18 – Túnel de congelação utilizado para a congelação das algas .....	38
Figura 19 - Interior do túnel de congelação utilizado para a congelação de algas .....	38
Figura 20 – Mufla utilizada para a determinação de cinzas .....	41
Figura 21 – Exsicador utilizado para arrefecimento das amostras .....	41
Figura 22 - Cadinhos com cinzas .....	42
Figura 23 – Conversor colorimétrico para determinação da cor das algas.....	43
Figura 24 – Avaliação da textura da <i>Laminaria ochroleuca</i> .....	45
Figura 25 – Texturograma utilizado para determinação da energia de ruptura e da força máxima das algas .....	45

Figura 26 – Folha de prova da análise sensorial realizada e respectiva escala hedónica para classificar os vários atributos. ....	47
Figura 27 – Evolução da temperatura ao longo do tempo de congelação para os duplicados realizados CR-20 °C .....	52
Figura 28 – Evolução da temperatura ao longo do tempo de congelação para os duplicados realizados CR-30°C .....	52
Figura 29 – Evolução da temperatura ao longo do tempo de congelação para os duplicados realizados CR-40 °C .....	53
Figura 30 – Evolução da temperatura ao longo do tempo de congelação para os duplicados realizados CA.....	54
Figura 31 – Variação energia de ruptura (área do texturograma - energia necessária para romper o alimento) para os vários ensaios realizados em diferentes condições de congelação. Valores médios ± desvio padrão de 8 repetições.....	57
Figura 32 – Variação da dureza para os vários ensaios realizados em diferentes condições de congelação. Valores médios ± desvio padrão de 8 repetições.....	58
Figura 33 – Quantidade de cinzas presentes nas algas em estudo. Valores médios ± desvio padrão de 2 repetições.....	62
Figura 34 – Avaliação do atributo Cor das algas congeladas e desidratada. Valores médios ± desvio padrão de 7 provadores .....	63
Figura 35 – Avaliação do atributo Brilho das algas congeladas e desidratada. Valores médios ± desvio padrão de 7 provadores .....	63
Figura 36 – Avaliação do atributo Pigmentação das algas congeladas e desidratada. Valores médios ± desvio padrão de 7 provadores .....	64
Figura 37 – Avaliação do atributo Elasticidade das algas congeladas e desidratada. Valores médios ± desvio padrão de 7 provadores .....	65
Figura 38 – Avaliação do atributo Dureza das algas congeladas e desidratada. Valores médios ± desvio padrão de 7 provadores.....	65
Figura 39 – Avaliação do atributo Cheiro das algas congeladas e desidratada. Valores médios ± desvio padrão de 7 provadores .....	66
Figura 40 – Avaliação do atributo Textura na primeira dentada das algas congeladas e desidratada. Valores médios ± desvio padrão de 7 provadores.....	67

Figura 41 – Avaliação do atributo Textura durante a mastigação das algas congeladas e desidratada. Valores médios $\pm$ desvio padrão de 7 provadores.....	67
Figura 42 – Avaliação do atributo Sabor típico das algas congeladas e desidratada. Valores médios $\pm$ desvio padrão de 7 provadores .....	68
Figura 43 – Avaliação do atributo Outro sabor das algas congeladas e desidratada. Valores médios $\pm$ desvio padrão de 7 provadores .....	69
Figura 44 - a) Projecção dos parâmetros analisados nas componentes principais 1 e 2; b) Análise de componentes principais com projecção das amostras nas componentes principais 1 e 2. (CL-congelação lenta; CR-congelação rápida; CA-congelação em abatedor).....	72



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Nutrientes mais representativos nas algas .....	20
Tabela 2 – Aditivos alimentares genericamente autorizados para uso em géneros alimentícios (Fonte: Decreto- Lei n.º 121/98 de 8 de Maio) .....	24
Tabela 3 – Estudos efectuados com algas .....	26
Tabela 4 – Estudos de congelação relevantes para a congelação das algas .....	31
Tabela 5 – Métodos de congelação e respectivas condições operacionais.....	37
Tabela 6 – Descrição dos atributos utilizados na análise sensorial .....	46
Tabela 7 – Valores das médias da taxa de arrefecimento até 0°C e taxa de congelação até -18°C (valores absolutos) da alga nos ensaios realizados no túnel de congelação e no abatedor de temperatura, o desvio padrão (DP) e o coeficiente de correlação ( $r^2$ ).....	55
Tabela 8 – Valores de L*, a*, b*, H° e C* das várias amostras. Valores médios ± desvio padrão de 8 repetições.....	59
Tabela 9 – Cor das algas estudadas.....	61
Tabela 10 - Análise de componentes principais: matriz de valores próprios ( <i>Eigenvalue</i> ). .....	70
Tabela 11 - Análise de componentes principais e correlações entre os parâmetros (matriz de vectores próprios). Os valores assinalados a vermelham indicam a projecção na CP1 ou CP2. 71	



# 1. INTRODUÇÃO



As algas marinhas podem ser consideradas como uma preciosidade do mar, dando vida e cor à água e permitindo ao ser humano a obtenção de uma boa alimentação, quer do ponto de vista gastronómico, quer nutricional.

As algas fazem parte da dieta alimentar básica do Homem desde os tempos imemoráveis no Oriente (Dawczynski, *et al.*, 2007). É possível encontrar em documentos chineses, com mais de 4000 anos, a atribuição às algas de determinantes da saúde, da longevidade e da sorte (Sáa, 2002).

A maioria dos consumidores consome algas sem se aperceber, nos gelados, no pudim flan, nas sobremesas lácteas, nos patés, nas bebidas achocolatadas, em batidos, em compotas ou purés, em conservas, na maionese, entre outros (Sáa, 2002). Para além da aplicação das algas na indústria alimentar estas também são utilizadas em cosméticos e produtos farmacêuticos (Chandini *et al.*, 2008).

Os géneros *Undaria* (wakame), *Porphyra* (nori) e *Laminaria* (kombu) são os mais consumidos em todo o mundo (Prabhasankar *et al.*, 2009)

As algas são uma notável fonte de vitaminas, fibras dietéticas, minerais e proteínas (Lee *et al.*, 2008). No entanto, apresentam um baixo valor energético visto que contém baixos níveis gordura (Bocanegra *et al.*, 2009). O teor de lipídios das algas é de 1% a 3% da matéria seca. Os lipídios das algas têm uma elevada proporção de ácidos gordos essenciais insaturados, particularmente de cadeia longa, ômega-3, ácidos gordos poliinsaturados como o ácido eicosapentaenóico (Fleurence *et al.*, 1994, Sánchez-Machado, *et al.*, 2004), o ácido docosahexaenóico (DHA), que reduzem o risco de arteriosclerose, doença cardíaca coronária e doença inflamatória (Connor, 2000). Para além destes nutrientes é possível encontrar nas algas compostos bioactivos. Nas algas castanhas é possível encontrar compostos bioactivos com propriedades antioxidantes conhecidas, como os polifenóis, os carotenóides e tocoferóis, que desempenham um papel importante na protecção das células do organismo (Jiménez-Escrig, *et al.*, 2001, Sánchez-Machado *et al.*, 2002). A wakame (*Undaria pinatifida*) é um dos exemplos de algas castanhas com elevada quantidade de fucoxantina (Miyashita e Hosokawa, 2008; Shiratori *et al.*, 2005). A fucoxantina e os seus metabolitos apresentam propriedades antioxidantes, anticancerígenas, anti-obesidade e de anti-inflamatório (Miyashita e Hosokawa, 2008). Quando se utilizam os antioxidantes de origem natural como

ingredientes para aumentar a qualidade e durabilidade dos alimentos a preferência do consumidor aumenta notavelmente (Farag *et al.*, 2003).

### 1.1. ENQUADRAMENTO

Tal como referido anteriormente, as algas são importantes fontes de proteínas, vitaminas e minerais essenciais para a nutrição humana. Hoje em dia, a nossa sociedade vive dietas alimentares desadequadas, porque é constantemente rodeada de comida rápida, rica em gorduras insaturadas. Este tipo de alimentação pode conduzir na carência em nutrientes essenciais, que por sua vez, se traduz em doenças do tipo diabetes, arteriosclerose, obesidade, entre outras.

Neste sentido, e pela abundância de algas *Laminaria ochroleuca* na região litoral Norte, este trabalho teve como base de estudo a utilização desta alga no consumo humano.

A frequência no workshop “Algas à Mesa”<sup>1</sup> também teve grande influencia no interesse crescente neste tema. No entanto, para que seja possível utilizar as algas na alimentação do dia-a-dia é necessário recorrer às lojas de produtos naturais, visto estas não estarem disponíveis na generalidade dos mercados. As macroalgas que se encontram disponíveis estão desidratadas, o que implica que, para que possam ser consumidas, tenham que ser previamente hidratadas (processo de pode demorar algum tempo).

Desta forma são necessárias tecnologias de conservação das algas que as tornem mais fáceis e rápidas de utilizar no dia-a-dia do consumidor.

É sabido que o processo de ultra-congelação conserva as propriedades nutritivas e organolépticas dos alimentos.

A implementação da congelação industrial das algas torna-se fácil, do ponto de vista de investimento em equipamentos pois é um processo que pode ser efectuado pela indústria de congelação/transformação do pescado. Podem ser utilizados os mesmos equipamentos da congelação do peixe, aplicando apenas algumas adaptações para congelar as algas e realizar a sua embalagem.

---

<sup>1</sup> - Pereira, L. (2009); Algas à Mesa. Centro Cívico de Castelo de Neiva. Polis Litoral Norte; Museu do Traje

## 1.2. OBJECTIVOS

O objectivo deste trabalho é propor a congelação das algas como uma alternativa ao processo de desidratação. De facto, no processo de desidratação as algas podem perder alguns nutrientes essenciais, como é o caso da vitamina C (Mchugh, 2003).

Propondo a congelação como processo alternativo, pretende-se disponibilizar ao consumidor, das grandes superfícies, embalagens com preparados de algas de uma só espécie, ou até mistura de várias espécies, prontas a usar em saladas, arroz, entre outros.

Para tal procedeu-se à recolha da alga *Laminaria ochroleuca* na praia Norte e à sua preparação subsequente para o processo de congelação. Esta alga foi seleccionada por se encontrar em grande quantidade na costa litoral Norte.

Submeteu-se a alga a diferentes processos de congelação, congelação lenta e rápida, com várias temperaturas e equipamentos.

Após a regeneração das algas estas foram submetidas a várias análises, nomeadamente, teor de cinzas, cor, textura e características organolépticas. De forma a comparar estes resultados, utilizou-se a alga desidratada como amostra controlo/referência, numa prova de análise sensorial com painel de provadores.



## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA



## 2.1. MACROALGAS

As macroalgas são algas de tamanho macroscópico que podem ser encontradas aquando da maré baixa, nas costas mais rochosas (Figura 1). Apresentam uma diversidade de cores, formas e tamanhos. A sua dimensão pode ser reduzida apresentando-se apenas como uma crosta na superfície das rochas, ter alguns milímetros com aspecto frágil ou atingir dimensões superiores a 50

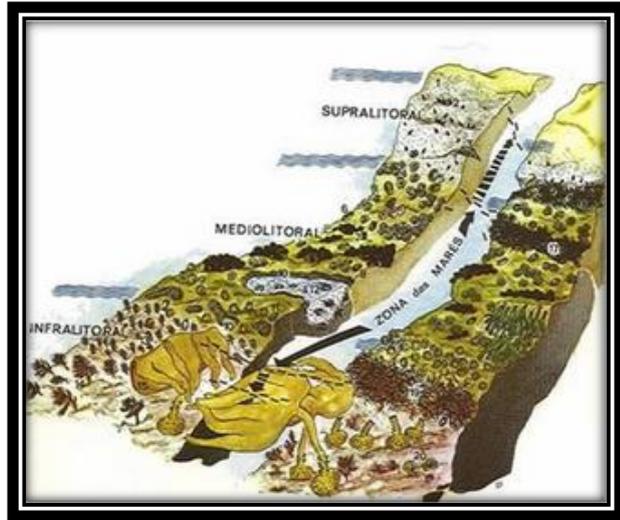


Figura 1 – Zona costeira (Fonte: Pereira, 2010)

metros formando florestas aquáticas. Na generalidade vivem imersas e fixas a um substrato. As macroalgas podem ser encontradas nas zonas rochosas, no entanto, é possível encontrá-las em costas arenosas expostas ao batimento das ondas por serem destacadas do seu substrato pela acção do mar e depois arrastadas pela corrente (Pereira, 2009).

As algas são classificadas tendo em conta a sua pigmentação, isto é, Chlorophyceae (algas verdes), Cyanophyceae (algas azuis - microscópicas), Rhodophyceae (algas vermelhas) e Phaeophyceae (algas castanhas). Na água doce é possível encontrar algas verdes e verdes-azuladas, enquanto na água salgada podem-se localizar algas vermelhas (Figura 2), castanhas (Figura 3) e verdes (Figura 4) (Naylor, 1976).



Figura 2- Alga vermelha (Fonte: Lindeberg, 2010)



**Figura 3 - Alga castanha (Fonte: Saa, 2002)**



**Figura 4 - Alga verde (Fonte: Lindeberg, 2010)**

O grupo das algas castanhas é o mais abundante, no entanto, as algas vermelhas são as que apresentam maior diversidade existindo 14000 espécies diferentes. Enquanto, que as algas vermelhas estão presentes em todas as latitudes, as algas castanhas adaptam-se melhor às águas frias (Naylor, 1976).

As algas castanhas podem apresentar dimensões desde 30-60 cm até 20 m. Quanto às algas vermelhas estas apresentam poucos centímetros de comprimento podendo atingir

um metro. As algas verdes (Figura 4) apresentam dimensões semelhantes às das algas vermelhas (Mchugh, 2003).

## 2.2. ALGAS DO LITORAL PORTUGUÊS (ALGAS ATLÂNTICAS)

No Inverno a temperatura da água do mar (Oceano Atlântico) à superfície pode variar de 12 °C na zona Norte do país e 16,5 °C na zona Sul. No norte a temperatura pode atingir 11 °C devido à mistura com a água fria dos rios e as frias temperaturas atmosféricas (Figura 5). No Verão, a temperatura à superfície na zona Norte atinge os 18 °C e no sul de 22 °C (Sousa-Pinto, 1998). Entre Junho e Outubro, ocorre um fenómeno denominado “upwelling”, no litoral Norte, levando a que a temperatura da água costeira possa descer até os 16 °C. Com este fenómeno existe um enriquecimento das águas superficiais com nutrientes, vindos das funduras do oceano, ricos em minerais. O “upwelling” aumenta a produtividade da zona costeira (Martins, 1993).

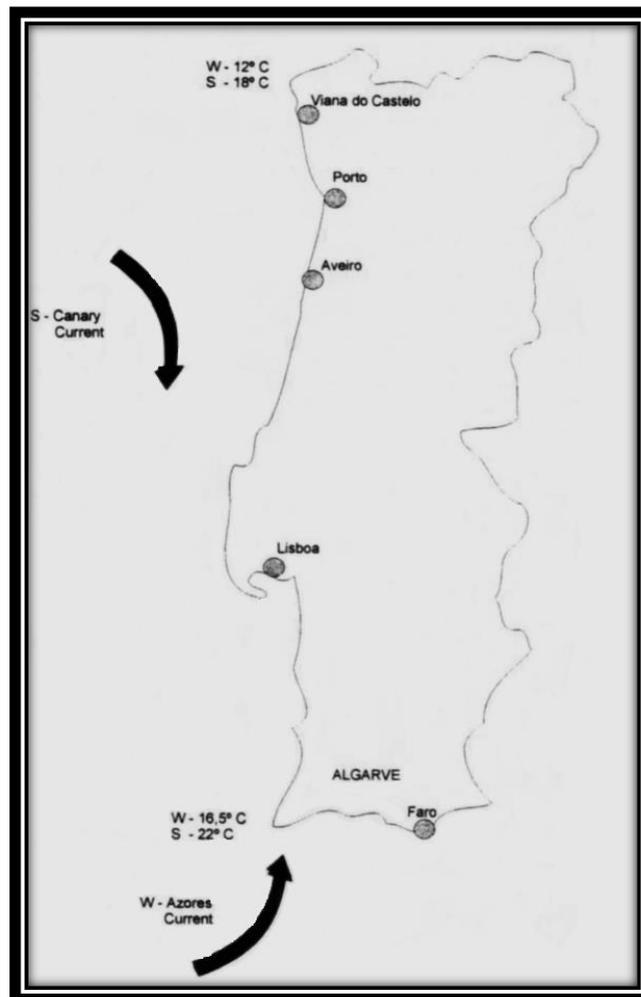


Figura 5 – Mapa de Portugal (continental), com as principais cidades, as temperaturas da água do mar e das correntes principais. W – Inverno, S – Verão (Fonte: Sousa-Pinto, 1998)

Portugal apresenta uma costa litoral, de 830 quilómetros, com um gradiente acentuado na distribuição da flora algal (Pereira, 2004; Pereira, 2007), grande parte resultante da diversidade das influências climáticas decorrentes da sua situação biogeográfica peculiar (Sousa-Pinto, 1998). As algas encontram-se essencialmente no patamar mediolitoral, delimitado pelo nível mínimo da maré baixa (Pereira, 2007).

André (1970;1971) ao estudar a flora algal portuguesa identificou 246 espécies de Rhodophyceae, 98 de Phaeophyceae e 60 de Chlorophyceae.

No patamar Norte do país encontra-se uma flora algal muito semelhante à da Bretanha e à das ilhas Britânicas (zona central da Europa). No Sul do país a flora algal é diferente do Norte devido à influência do Mediterrâneo e da zona Norte da Costa Africana (Pereira, 2007).

Tendo em conta as diferenças da flora algal encontrada na costa litoral portuguesa é possível agrupar as algas em dois grupos: algas da zona Norte, que englobam as algas encontradas entre a foz do rio Minho e a foz do rio Tejo, e as algas da zona Sul, que se referem às encontradas entre a foz do rio Tejo e o Algarve (Araújo *et al.*, 2009).

Como exemplo das algas encontradas na zona Norte destacam-se (Figura 6): *Saccharina latissima* (*Laminaria saccharina*), *Laminaria hyperborea*, *Fucus serratus*, *Pelvetia caniculata*, *Ascophyllum nodosum*, *Himantalia elongata*, *Chorda filu*, *Ahnfeltia plicata*, *Chondrus crispus*, *Palmaria palmata*, *Ceramium shuttleworthianum* e *Delesseria sanguinea* (Pereira, 2004).

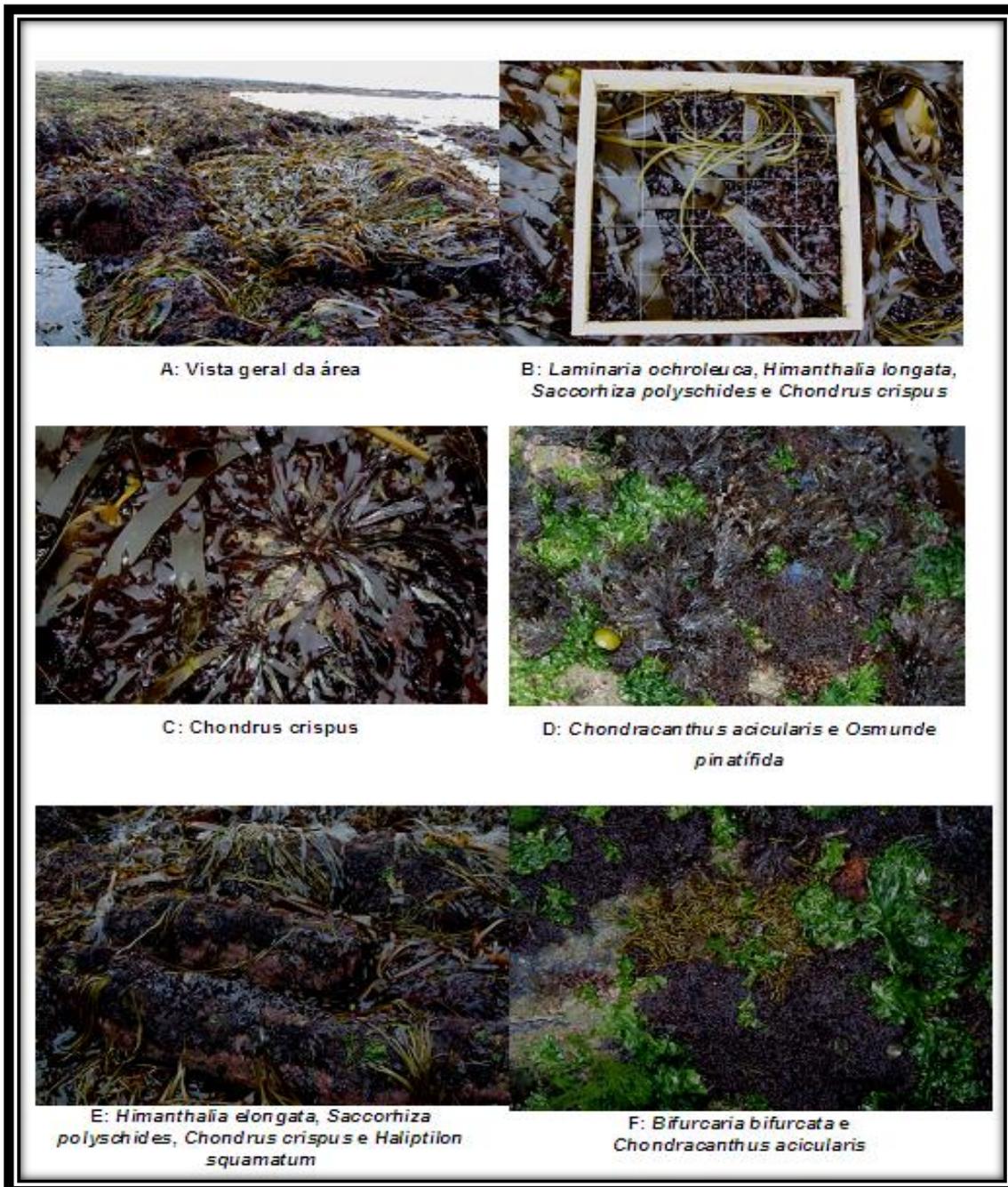


Figura 6 - Vista da zona intertidal<sup>2</sup> baixo da praia do Norte, em Viana do Castelo (Fonte: Sousa-Pinto, 1998)

Quanto à zona Sul, as algas que podem ser encontradas são: *Zonaria tournefortii* (Figura 7), *Amphiroa beavoisii*, *Griffithsia opuntioides*, *Ulva linearis* e *Valonia utricularis* (Pereira, 2007).

<sup>2</sup> Zona intertidal, corresponde à zona do substrato litoral que fica exposta ao ar durante a maré-baixa



Figura 7 - *Zonaria tournefortii* (Fonte: Garzuel, 2007)

### 2.2.1. ALGAS ATLÂNTICAS COMESTÍVEIS

As algas comestíveis são muito abundantes na costa portuguesa, no entanto, tradicionalmente os portugueses não as incorporam na alimentação. Apenas algumas comunidades açorianas consomem a *Porphyra leucostica* em omeletas e a *Osmundea pinatífida* como tempero (Sousa-Pinto, 1998). Embora já exista no mercado uma elevada oferta de algas tratadas e prontas a serem inseridas em formulações culinárias.

#### 2.2.1.1. NORI (*PORPHYRA UMBILICALIS*)

A palavra “nori”, na sua origem, quer dizer alga. No entanto, com o passar do tempo, esta palavra passou a designar o produto elaborado com lâminas de algas do género *Porphyra* (Pereira, 2007). A “nori atlântica” é feita através de algas selvagens do *Porphyra* (*Porphyra umbilicalis*, *Porphyra leucosticta* e *Porphyra* spp) (Pereira, 2007).

A alga *Porphyra umbilicalis* (Figura 8) apresenta-se com uma cor vermelha e tonalidade violeta escura. A sua dimensão é reduzida (15 a 30 cm de diâmetro), com a forma de lâmina muito fina, fixa-se às rochas através de um disco central (umbigo), razão pela qual se denomina por *umbilicalis*. Cresce em zona de elevada ondulação, tem uma distribuição irregular e inconstante. O seu rendimento é reduzido, visto apresentar um peso reduzido (Sáa, 2002). A alga “nori atlântica” é uma alga silvestre, muito flexível e viscosa (Sáa, 2002).



Figura 8 – *Porphyra umbilicalis* (Fonte: Pizzolla, 2008)

#### 2.2.1.2. WAKAME (*UNDARIA PINNATÍFIDA*)

A alga *Undaria pinnatifida* (Figura 9) apresenta uma cor verde – castanha clara com um comprimento que pode atingir 1,5 metros. Cresce em zonas de elevada profundidade (até 25 metros) dificultando assim a sua captura, sendo esta apenas possível através de mergulhadores (Sáa, 2002). Trata-se da segunda alga mais consumida, na alimentação, em todo o mundo. A sua captura é mais abundante no Japão, Coreia e China (aquacultura). A sua presença na Península Ibérica (Galiza) detectou-se em 1988 (García *et al.*, 1993; Sáa, 2002).



Figura 9 – *Undaria pinnatifida* (Fonte: Sáa, 2002)

### 2.2.1.3. ESPARGUETE DO MAR (*HIMANTHALIA ELONGATA*)

A alga *Himantalia elongata* (Figura 10) apresenta-se de uma forma estreita e comprida (até 3 metros), razão pela qual é comercialmente chamada por esparguete do mar. Cresce nos litorais rochosos e profundos e em águas agitadas. Fixa-se às rochas através de uma superfície redonda e côncava. Após a zona de fixação encontra-se a sua parte reprodutora. A sua colheita é efectuada durante a maré baixa, no entanto, existe a necessidade da entrada na água para que seja possível colhê-la (Sáa, 2002).

A sua distribuição geográfica abrange o Atlântico Norte, até as costas ibéricas e o canal da Mancha. É uma das mais baratas devido à elevada biomassa<sup>3</sup> e facilidade de recolha (Pereira, 2007).



Figura 10 – *Himantalia elongata* (Fonte: Sáa, 2002)

### 2.2.1.4. DULSE (*PALMARIA PALMATA*)

A alga *Palmaria palmata* (Figura 11) conhecida como Dulse deriva da palavra *dils* (Irlandês), é uma alga vermelha tipicamente atlântica, de dimensões reduzidas (até 50 centímetros). Esta alga pode ser encontrada nas águas mais profundas, bravas e frias das costas atlânticas. Cresce através de um fenómeno chamado de epifitismo, ou seja, têm uma alimentação autónoma (autotróficas) e apenas se “agarram” a outra alga para não serem levadas pela corrente (Sáa, 2002).

Dividida como a palma da mão (significado em latim do epíteto específico *palmata*), é uma das mais bonitas algas vermelhas existentes na costa atlântica. Foi a primeira

---

<sup>3</sup> Entende-se por biomassa a massa de matéria viva vegetal que vive em equilíbrio numa determinada área

espécie a ser referenciada historicamente como alimento humano, sabendo-se que foi tradicionalmente utilizada pelos povos costeiros da Islandia, Noruega, Irlanda, Escócia e Bretanha francesa. Actualmente usa-se fresca, no norte da Europa, como substituto de vegetais e seca como aperitivo e condimento de diversos pratos (Pereira, 2007).



Figura 11 – *Palmaria palmata* (Fonte: Sáa, 2002)

#### 2.2.1.5. KOMBU (*LAMINARIA OCHROLEUCA* E *LAMINARIA LATISSIMA* (*LAMINARIA SACHARINA*))

A alga *Laminaria ochroleuca* (comercialmente designada por “Kombu Real”) (Figura 12) é uma alga parda que pode atingir 2,5 metros. Desenvolve-se em zonas rochosas e de elevada ondulação. Durante o seu período de vida consegue alcançar os 10 anos. A sua recolha só é possível através de mergulhadores tendo em conta que esta se desenvolve a uma profundidade de 12 metros (Sáa, 2002).

A alga *Laminaria ochroleuca* distribui-se pela Península Ibérica desde Santander, na Cantábria, até o Cabo Mondego, em Portugal (Pereira, 2007).

A alga *Laminaria latissima* (Figura 13) comercialmente designada por “kombu atlântico”, prefere águas calmas, no entanto, também se desenvolve na profundidade do mar, estando presente no Atlântico Norte, desde a Noruega até o Norte de Portugal (Viana do Castelo) (Pereira, 2007).

A alga *Laminaria latissima* é mais escassa do que a *Laminaria ochroleuca*. A sua composição é semelhante à *Laminaria ochroleuca* de acordo com as análises efectuadas pela “Xunta de Galicia” em 1993 (Sáa, 2002).



Figura 12 – *Laminaria ochroleuca* (Fonte: Sáa, 2002)



Figura 13 – *Laminaria saccharina* (Fonte: Sáa, 2002)

#### **2.2.1.6. MUSGO DA IRLANDA (*CHONDRUS CRISPUS*)**

A alga *Chondrus crispus* (Figura 14) é uma alga vermelha que cresce sobre a rocha na franja inter-mareal. Os nomes de Musgo da Irlanda e Carragen derivam da região de Carrghen no sul da Irlanda, onde esta é muito abundante (Sáa, 2002).

A sua cor pode variar, perdendo-a intensamente com o aumento da luminosidade (adaptação cromática), desde um vermelho – púrpura iridescente, até uma coloração esverdeada, que aparece no período estival e em zonas de menor profundidade (Pereira, 2007).

No Atlântico oriental encontra-se na Grã – Bretanha, Irlanda, Islândia e entre a Noruega e o sul de Espanha, possibilidade de existência em Marrocos e nas Ilhas de Cabo Verde. No Atlântico ocidental é possível encontrar esta alga desde Newfoundland (Canadá) a Delaware (USA). As populações mais luxuriantes que, por essa razão, são objecto duma exploração comercial intensiva, estendem-se pelas costas da Nova Escócia, pela ilha do Príncipe Eduardo, pelo Maine e Massachusetts, no que respeita ao Atlântico oeste encontra-se ao longo das costas Francesas, da Espanha (costas da Galiza) e de Portugal (Pereira, 2007).



Figura 14 – *Chondrus crispus* (Fonte: Saa, 2002)

### 2.3. PROPRIEDADES DAS ALGAS (FÍSICO QUÍMICAS E NUTRICIONAIS)

As algas são um alimento natural, silvestre e de elevado valor nutritivo mas baixo em calorias. Com reduzida quantidade de gorduras, as algas marinhas possuem polissacarídeos que se comportam, na sua maioria, como fibras sem valor calórico.

Na composição nutricional das algas evidencia-se:

- A composição em minerais, com valores dez vezes superiores ao encontrado nos vegetais terrestres, como no caso do ferro na *Himanthalia elongata* (esparguete do mar) em comparação com o da *Lens esculenta* (lentilhas) ou, no caso do cálcio presente na *Undaria pinatifida* (wakame) e no *Chondrus crispus* (musgo da Irlanda) relativamente ao leite de vaca (Pereira, 2007).

Os minerais são essenciais para o funcionamento adequado do organismo do Homem, intervindo em variadas funções como a transmissão de impulsos nervosos, repartição do oxigénio no sangue, contracção muscular, formação de dentes e massa óssea e regulação dos batimentos cardíacos (Sáa, 2002). Dos minerais existentes nas algas destacam-se o iodo, cálcio, ferro, magnésio, sódio, potássio e zinco.

- A cor das algas está relacionada com pigmentos especiais, entre eles encontra-se a clorofila (cor verde), ficoeritrina (cor vermelha) e fucoxantina (cor parda e castanha) (Araújo *et al.*, 2009).

- Na composição em proteínas destacam-se os aminoácidos essenciais, constituindo um modelo de proteína de alto valor biológico, comparável, em qualidade, à do ovo;

- As vitaminas estão presentes em quantidades significativas (vitaminas A, B, C e E). Com especial relevo a presença de B12, ausente nos vegetais superiores;

- A presença de fibras apresenta-se em quantidades superiores ao encontrado na alface e semelhante à da couve;

- O seu baixo conteúdo em gorduras e valor calórico, transforma-as em alimentos adequados para regimes de emagrecimento (Pereira, 2007).

**Tabela 1 – Nutrientes mais representativos nas algas (Sáa, 2002)**

Alga	Nutrientes
<b>Nori</b>	Proteínas completas, vitamina A e vitamina B12
<b>Wakame</b>	Cálcio, proteínas, aminoácidos equilibrados, fibra e iodo
<b>Esparguete do mar</b>	Ferro, vitamina C, potássio, fósforo e fibra
<b>Dulse</b>	Potássio, ferro, vitaminas A, C e E e proteínas completas
<b>Kombu</b>	Magnésio, cálcio, ácido glutâmico, ácido algínico, fibra e ácidos gordos insaturados
<b>Musgo da Irlanda</b>	Cálcio, proteínas, fibra solúvel e ácidos gordos insaturados.

### 2.3.1. NORI (*PORPHYRA UMBILICALIS*)

A alga *Porphyra umbilicalis* tem um sabor intenso, aroma característico e textura suave (Guiry e Blunden, 1991).

Apresenta uma composição nutricional muito elevada, com um teor de proteína entre 30 a 50% (p/p), sendo 75% (p/p) digerível. A quantidade de açúcares é reduzida, 0,1% (p/p). Quanto à quantidade de vitaminas, destacam-se em maior quantidade as vitaminas A, C, niacina e ácido fólico. No entanto, quando a alga é seca pode perder a vitamina C. O sabor característico da nori deve-se à elevada quantidade de ácido glutâmico, alanina e glicina (Mchugh, 2003).

A quantidade de gordura é reduzida, no entanto, 60% da que está presente são ácidos gordos insaturados ómega 3 e ómega 6. Mais concretamente o ácido eicosapentanóico (50%) e os ácidos linoleico, linolénico e araquidónico (10%) (Sáa, 2002).

Aconselha-se o consumo desta alga pelas grávidas, crianças, adolescentes e desportista, visto ser uma excelente fonte de proteínas. Ajuda a reduzir os índices de colesterol e na prevenção da arteriosclerose (Sáa, 2002).

### 2.3.2. WAKAME (*UNDARIA PINNATÍFIDA*)

Segundo Ródenas (2002) a *Undaria pinnatífida* é a alga com maior quantidade de cálcio, ou seja, 1,7 % (p/p). É indicada para a formação do esqueleto humano, unhas e cabelo devido à sua relação cálcio-fósforo. Consumir esta alga proporciona relaxamento muscular evitando câibras<sup>4</sup> e espasmos<sup>5</sup>. É aconselhada para pessoas intolerantes à lactose e por isso, não consomem leite ou derivados (Sáa, 2002).

De acordo com a Universidade de Santiago de Compostela esta alga apresenta 22,7 % (p/p) de proteínas com uma biodisponibilidade<sup>6</sup> entre os 85 e 90% (Sáa, 2002).

Segundo Sáa (2002) a quantidade de iodo é elevada, sendo assim, aconselhada para tratamento de obesidade, visto que a quantidade de iodo activa a tiróide impedindo a formação de depósitos de gorduras nas células, ajudando também a eliminar as já existentes.

---

<sup>4</sup> Câibras – contracção involuntária do tecido muscular provocando dor

<sup>5</sup> Espasmos – contracção involuntária e convulsiva dos músculos

<sup>6</sup> Entende-se como biodisponibilidade a quantidade de nutrientes absorvidos e utilizados pelo organismo

### **2.3.3. ESPARGUETE DO MAR (*HIMANTHALIA ELONGATA*)**

A alga *Himanthalia elongata* apresenta uma elevada riqueza nutritiva, com uma consistência carnosa e paladar suave sendo assim considerada como “um dos manjares dos nossos mares” (Pereira, 2007).

É a alga que apresenta maior percentagem de ferro, ou seja, 0.59 % (p/p), destacando-se também a presença de vitamina C. Tem uma proporção sódio – potássio considerada ideal para a saúde humana, desta forma apresenta o dobro de potássio que de sódio (Sáa, 2002).

Há quem se refira a esta alga como “a alga intelectual” devido ao seu conteúdo em fósforo. O fósforo potencia as funções cerebrais, ajudando a conservar a memória, a concentração e a agilidade mental. O fósforo é o segundo mineral, após o cálcio em maior abundância no nosso corpo e em conjunto constituem a malha mineral dos ossos. O excesso de fósforo pode conduzir à osteoporose, por ruptura do equilíbrio cálcio/fósforo. No entanto, a *Himanthalia elongata* contém três partes de cálcio por cada uma de fósforo (Sáa, 2002).

### **2.3.4. DULSE (*PALMARIA PALMATA*)**

A alga *Palmaria palmata* destaca-se por apresentar uma proporção média de minerais (cerca de 30% p/p) evidenciando o ferro, o potássio e o iodo. Tal como a *Himanthalia elongata* apresenta um elevado teor em vitamina C. A sua cor deve-se à presença de pigmentos como ficoeritrina que forma uma máscara para a clorofila, para além deste composto também possui carotenóides, precursores da vitamina A (Sáa, 2002).

Os valores de vitamina C são de 0,345% (p/p). Quanto à quantidade de proteínas esta apresenta um valor de cerca de 18% (p/p) (Sáa, 2002).

É ideal como reconstituente em estados de anemia, astenia (debilidade muscular) e processos pós-operatórios. Fortalece a visão e é aconselhada para tratamentos de problemas gástricos e intestinais e para a regeneração das mucosas. Tal como as restantes algas vermelhas actua como anticéptico e antiparasitário (Pereira, 2007).

**2.3.5. KOMBU (*LAMINARIA OCHROLEUCA* E *LAMINARIA SACHARINA*)**

De acordo com as análises efectuadas pela Universidade Complutense de Madrid as algas do género *Laminarias* são ricas em minerais fornecendo 0,011% (p/p) de magnésio, 1,97% (p/p) de cálcio. A importância do consumo de magnésio e cálcio deve-se às suas funções no sistema nervoso e nos músculos (Sáa, 2002).

Estas algas, para além de serem uma fonte de magnésio e cálcio, também apresentam elevado teor em iodo desempenhando um papel fundamental na tiróide (Sáa, 2002).

Esta alga tem demonstrado efeitos preventivos contra a contaminação por metais pesados e substâncias radioactivas (especialmente por estrôncio 90). O consumo quotidiano de kombu diminui significativamente o impacto da poluição ambiental (Pereira, 2007).

Das suas propriedades mais significativas destacam-se as anti-reumáticas, anti-inflamatórias, reguladoras do peso corporal e da tensão arterial (devido à presença de laminarina e laminina). Estas *Laminarias* previnem também a arteriosclerose e outros problemas vasculares, pelos seus efeitos fluidificantes da corrente sanguínea (Pereira, 2007).

**2.3.6. MUSGO DA IRLANDA (*CHONDRUS CRISPUS*)**

A *Chondrus crispus* apresenta um elevado valor em proteínas (20% p/p) e é rica em vitamina A que não se perde com a cozedura, ácidos gordos insaturados e sais minerais. Destaca-se o seu conteúdo em cálcio que é dez vezes superior ao do leite (Sáa, 2002).

**2.4. UTILIZAÇÃO INDUSTRIAL DAS ALGAS**

As algas têm sido consumidas na Ásia desde a antiguidade. Recentemente as algas marinhas têm sido utilizadas no Japão como matéria-prima na produção de muitos produtos alimentares, tais como compotas, queijo, vinho, chá, sopa e macarrão. Nos países ocidentais, são utilizadas principalmente como fonte de polissacarídeos utilizados na alimentação e na composição de fármacos (Rupérez, 2002) e como aditivos alimentares, como é o caso do alginato extraído das algas castanhas (Alves, 1988).

A colheita das algas é efectuada de acordo com a zona onde estas crescem e de acordo com o período de maior crescimento que ocorre entre a primavera e o verão (Sáa, 2002). Em Portugal as carragenóficas são apanhadas manualmente (Therkelsen, 1993; Rudolph, 2000) arrancando-as das rochas durante a maré baixa (*Iridaea*, *Gigartina* e *Chondracanthus*). Quando a apanha é efectuada por barco permite que as algas sejam colhidas frescas e com boa qualidade (Perez *et al.*, 1992). Quanto às agarófitas, como por exemplo a *Gelidium corneum*, recolhem-se manualmente no nosso país (Pereira, 2007).

Outra forma de recolha de algas é através do mergulho, onde os mergulhadores colocam as algas em saco de redes (Sáa, 2002).

Tradicionalmente, utiliza-se a secagem como processo de conservação das algas (Naylor, 1976).

Mundialmente, utilizam-se cerca de 221 espécies de macroalgas, das quais 125 são algas vermelhas, 64 algas castanhas e 32 algas verdes. Na alimentação usam-se 145 espécies (79 vermelhas, 38 castanhas e 28 verdes). Na extracção de ficocolóides utilizam-se 101 espécies onde 41 produzem ácido algínico, 33 produzem agar e 27 produzem carragenana (Zemke-White e Ohno, 1999).

Os compostos extraídos das algas são classificados como aditivos com códigos que iniciam em E400 até E407 (Tabela 2), englobando-se nos alginatos, carragenatos e o Agar-agar (Sáa, 2002).

**Tabela 2 – Aditivos alimentares genericamente autorizados para uso em géneros alimentícios**

(Fonte: Decreto- Lei n.º 121/98 de 8 de Maio)

Código alimentar	Designação do aditivo
<b>E400</b>	Ácido algínico
<b>E401</b>	Alginato de sódio
<b>E402</b>	Alginato de potássio
<b>E403</b>	Alginato de amónio
<b>E404</b>	Alginato de cálcio
<b>E406</b>	Ágar – ágar
<b>E407</b>	Carragenina
<b>E407a</b>	Algas <i>Eucheuma</i> transformadas

Os alginatos extraem-se principalmente das algas castanhas (Alves, 1988). A importância dos alginatos deve-se ao facto de estes não fundirem pelo calor, tornando-os muito úteis como conservantes. No entanto, também podem ser utilizados como estabilizante (Sáa, 2002). Os carragenatos são utilizados como espessantes e emulsionantes, enquanto que o agar-agar (resulta da manipulação de algas vermelhas) é utilizado como gelificante (Sáa, 2002).

### **2.5. ESTUDOS EFECTUADOS COM ALGAS**

O consumo de algas marinhas na Europa é cada vez maior, no entanto, existem poucos estudos sobre a utilização destas na alimentação humana.

Como se verifica na Tabela 3 existem diversos estudos realizados com algas. A grande maioria dos estudos que existem sobre algas são sobre a sua caracterização físico-química (Ortega-Calvo, 1993; Besada *et al.*, 2009; Rupérez, 2002).

Nos últimos anos têm sido realizados diversos trabalhos sobre incorporação das algas em alimentos como forma de os enriquecer nutricionalmente. Nomeadamente, na mistura com massa (Prabhasankar *et al.*, 2009), na introdução em produtos cárneos (Cofrades *et al.*, 2008). Outros trabalhos focam a composição nutricional onde se verifica que a quantidade de cinzas presentes nas algas é superior à dos vegetais.

Tabela 3 – Estudos efectuados com algas

Matéria prima/ou produto analisado	Principais resultados/conclusões	Autores e ano
Algas provenientes do mercado Espanhol	As algas estudadas apresentaram uma composição química adequada para o consumo humano quer em relação ao seu teor de água, clorofila como ácidos nucleicos e metais pesados.	Ortega-Calvo <i>et al.</i> , 1993
<i>Undaria pinnatifida</i> Farinha	A wakame pode ser incorporada até 20% como um ingrediente na massa. Na análise sensorial verifica-se que a massa com 10% de wakame apresenta melhor índice de qualidade em relação à massa com 20% de wakame. A adição de wakame à massa melhora os valores de aminoácidos, fucoxantina e fucosterol. A fucoxantina não é afectada pelo cozimento da massa.	Prabhasankar <i>et al.</i> , 2009
<i>Gelidium spp.</i> , <i>Eisenia bicyclis</i> , <i>Himantalia elongata</i> <i>Hizikia fusiforme</i> , <i>Laminaria spp.</i> , <i>Ulva rígida</i> <i>Chondrus crispus</i> , <i>Porphyra umbilicales</i> , <i>Undaria pinnatifida</i>	Existe uma necessidade urgente de se elaborar legislação que determine o valor máximo de poluentes nas algas comercializadas para consumo humano. Tendo em conta a legislação francesa foi possível retirar as seguintes conclusões: A maioria das algas estudadas excederam o limite estabelecido para o cádmio; em todos os casos as concentrações de compostos inorgânicos excederam o limite; os valores de Hg e Pb apresentaram-se inferiores ao permitido; algas colhidas em diferentes regiões apresentam valores de metais diferentes.	Besada <i>et al.</i> , 2009
Carne e Toucinho de porco; <i>Undaria pinnatifida</i> ; <i>Himantalia elongata</i> ; <i>Porphyra umbilicalis</i>	As algas apresentam influência sobre as propriedades do gel favorecendo a formação das estruturas, melhorando as propriedades físicas das gorduras. Nutricionalmente a adição de algas à carne aumenta o seu benefício para a saúde, fornecendo fibra alimentar, bem como componentes bio-activos como antioxidantes.	Cofrades <i>et al.</i> , 2008
<i>Focus vesiculosus</i> ; <i>Laminaria digitata</i> ; <i>Undaria pinnatifida</i> ; <i>Chondrus crispus</i> ; <i>Porphyra tenera</i>	Cinzas: O teor de cinzas é maior nas algas castanhas (30.1-39.3%) e nas algas vermelhas (20.6-21.1%); Sulfato: Todas contêm sulfatos variando de 1.3-5.9%; Minerais: Os valores de minerais variam 8-40% do peso seco das algas	Rupérez, 2002
Teor de proteínas presentes nas algas e a sua digestibilidade	As Chlorophyceae e Rhodophyceae podem ser uma fonte complementar de proteínas para a alimentação humana e animal. As algas vermelhas também podem ser uma fonte de aditivos alimentares, principalmente como corante. A utilização de algas marinhas de alto nível de proteína em alimentos para peixes parece ser um caminho promissor.	Fleurence, 1999
Carne de porco e <i>Himantalia elongata</i>	A adição de algas às salsichas diminuiu o seu teor de gordura mantendo as características tecnológicas, no entanto, a adição de algas não compensa a falta de sal; as algas reduziram a vermelhidão do produto; a adição de algas com intuito de reduzir a quantidade de toucinho (redução da gordura superior a 15%) não apresenta alterações perceptíveis na qualidade sensorial.	Jiménez–Colmenero <i>et al.</i> , 2010

## 2.6. PROCESSOS DE CONSERVAÇÃO

### 2.6.1. DESIDRATAÇÃO

A desidratação é um processo importante para a preservação dos alimentos, visto que reduz a actividade da água, através da eliminação da mesma no alimento, evitando a potencial deterioração e contaminação durante o período de armazenagem (Kaymak-Ertekin, 2002). Para além da redução da água, a desidratação também diminui o peso e o volume dos alimentos, diminuindo o custo de transporte e armazenamento (Okos *et al.*, 1992).

O processo de secagem de alimentos pode ser efectuado com ar aquecido, sendo considerado o processo mais simples e económico. Este processo é aparentemente simples, no entanto a desidratação é na realidade uma operação complexa, que envolve a transferência de massa e de calor ligadas com transformações bio-físico-químicas (Mujumdar, 2004)

O processo de secagem pode ser descrito através de modelos matemáticos que ajudam no processo e escolha do secador mais indicado (Kiranoudis *et al.*, 1992). Vários deles são derivados do modelo de difusão da segunda lei de Fick para diferentes geometrias do material (Crank, 1975). Por vezes, as equações empíricas também são utilizadas para afeiçoar a cinética de secagem de alimentos como a equação de Page e Page modificado (Sobral, 1987, Vega *et al.*, 2007, Margaris e Ghiaus, 2007, Xanthopoulos Oikonomou e Lambrinos, 2007)

O processo de secagem envolve transferência de massa do material húmido para o ar aquecido da secagem, que pode ser visto como um transporte da humidade do centro da matéria para a sua superfície e dissipação do vapor de água para o volume de ar seco do secador. A secagem de alimentos provoca danos irreversíveis à estrutura celular dos alimentos. A estrutura dos alimentos desidratados depende do método e das condições de secagem, como a temperatura, humidade relativa e velocidade do ar, bem como das características físico-químicas do produto (Keey, 1975). A qualidade de produtos desidratados em secadores convencionais muitas vezes é baixa, devido à perda de nutrientes, alteração de cor e sabor, endurecimento e encolhimento, entre outros (Lenart, 1996, Maskan, 2001, Ramesh *et al.*, 2001, Shi *et al.*, 1999, Leite *et al.*, 2007, Heredia *et al.*, 2007, Vega *et al.*, 2007).

### 2.6.2. CONGELAÇÃO

O processo de congelação é um dos métodos mais eficientes na conservação de alimentos. No decorrer da congelação a água líquida transforma-se em gelo, reduzindo a actividade microbiana e enzimática, enfraquecendo a oxidação e a respiração (Haiying, 2007). A congelação rápida é a melhor forma de manter a composição nutricional, a forma e o sabor dos alimentos (Lester, 1995).

A congelação rápida deve compreender temperaturas entre os  $-20^{\circ}\text{C}$  e os  $-40^{\circ}\text{C}$ , porém a temperatura óptima é de  $-30^{\circ}\text{C}$  e a velocidade de circulação do ar entre 2m/s e 4m/s (aconselhável para a carne) (Araújo *et al.*, 2009), dependendo do tipo de equipamento.

O efeito da congelação sobre a qualidade dos alimentos está directamente relacionado com o crescimento de cristais de gelo que podem perfurar as paredes celulares (Anzaldúa-Morales *et al.*, 1999). O tamanho e a estrutura dos cristais de gelo dependem do método de congelação e da concentração de solutos (Chevalier *et al.*, 2000; Sanz *et al.*, 1999; Ueno *et al.*, 2004).

Os parâmetros ideais de congelação dependem das propriedades termodinâmicas, tais como, o ponto inicial e final de congelação (Anzaldúa-Morales *et al.*, 1999; Desroier e Desroier, 1970; Liu, 1996; Sá *et al.*, 1999).

O ponto inicial de congelação é uma das propriedades termodinâmicas mais importantes de um alimento congelado, para que seja possível determinar as suas propriedades térmicas e físicas devido à descontinuidade existente nesse ponto (Rahman, 2002). Valores exactos do ponto de congelação também podem ser usados para determinar propriedades como o peso molecular, actividade da água, entalpia da água congelada abaixo de zero (Rahman, 1995).

O conhecimento do ponto de congelação deve ser analisado para determinar a congelação e a descongelação dos alimentos. Existe uma atenção para outras propriedades estruturais, tais como a transição vítrea, ponto final de congelação e a fracção de água descongelada em alimentos devido à importância no processamento (congelação e secagem) e armazenamento dos alimentos (Rahman, 1999)

Para que seja possível medir estas propriedades o método mais utilizado é a calorimetria diferencial de varredura (DSC), que consiste na diferença da quantidade de calor necessária para aumentar a temperatura de uma amostra de referência e é medida em função da temperatura. Existem outros métodos mais sensíveis que também podem ser

utilizados como a análise termomecânica (TMA), análises mecânicas dinâmicas (DMA) e análise térmica mecânica dinâmica (DMTA) (Ross *et al.*, 1996; Slade e Levine, 1995).

Se a temperatura do centro térmico do alimento for controlada é possível elaborar uma curva característica de congelação (Figura 15). Para construção dessa curva é necessário ter em conta seis componentes:

AS – o alimento é arrefecido abaixo do seu ponto de congelação  $\theta_f$ , com excepção da água pura. No ponto S a água permanece líquida, no entanto, encontra-se abaixo do ponto de congelação (abaixo de  $0^\circ\text{C}$ ). Este fenómeno é conhecido como super - arrefecimento e pode atingir  $-10^\circ\text{C}$ .

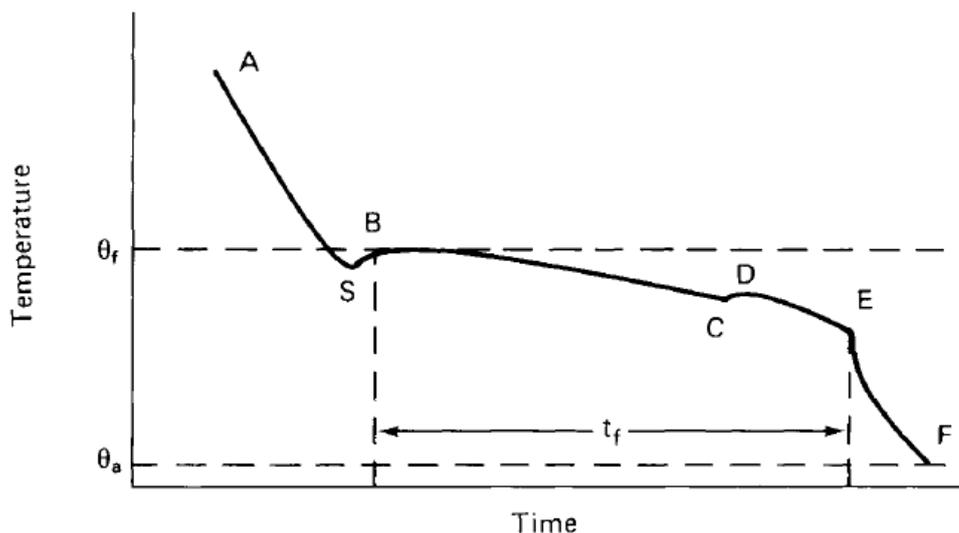


Figura 15 - Dados do tempo e temperatura durante a congelação (Fonte: Fellows, 2000)

SB – a temperatura aumenta rapidamente até ao ponto de congelação quando os cristais de gelo se começam a formar, e o calor latente de cristalização é libertado.

BC – o calor continua a ser retirado do alimento ao mesmo ritmo, contudo é o calor latente que é removido como formas de gelo, logo a temperatura permanece quase constante. O ponto de congelação é gradualmente reduzido pelo aumento da concentração dos solutos. É nesta fase que a maior parte do gelo é formada.

CD – um dos solutos torna-se supersaturado e cristaliza. O calor latente de cristalização é libertado e a temperatura aumenta.

DE – a cristalização da água e dos solutos continua. O tempo total  $t_f$  é determinado pela taxa na qual o calor é removido.

EF – a temperatura da mistura água – gelo diminui para a temperatura do congelador. Uma parte da água permanece descongelada, a quantidade depende do tipo e da composição dos alimentos e da temperatura do armazenamento (Fellows, 2000).

### **2.6.3. ESTUDOS SOBRE CONGELAÇÃO**

A congelação das algas não teve por base nenhum estudo científico de congelação de algas, visto não existir qualquer estudo sobre a congelação de algas. Assim tiveram-se como orientação estudos de congelação de vegetais e frutos. Na tabela 4 é possível visualizar alguns desses estudos, como por exemplo o trabalho de Góral e Kluza (2009) com diversos produtos hortofrutícolas, como a salsa, beterraba e que verificam que a elasticidade dos produtos aumenta com a congelação quando comparado com os produtos frescos. De facto estes autores concluíram que a elasticidade era ainda maior com a congelação lenta, relativamente à ultra-congelação.

Tabela 4 – Estudos de congelação relevantes para a congelação das algas

Matéria-prima/ou produto analisado	Principais resultados/conclusões	Autores e ano
Maçã variedade Granny Smith	A congelação provocou uma degradação de 54% (-80°C por convecção), 79% (-20°C) e 91% (-80°C por imersão em azoto); Na congelação a -20°C verificou-se uma alteração na estrutura celular; A quantidade de açúcares na parede celular das maçãs congeladas é menor do que na maçã fresca	Chassagne – Berces <i>et al.</i> , 2009
Salsa; Beterraba; Couve de bruxelas; Nabo; Aipo ; Rabanete; Batata; Cenoura	Imagens de microscopia electrónica Com uma congelação por convecção não existe qualquer alteração; Por fluidização existem algumas fracturas leves nas paredes, causadas pela formação de cristais de gelo no interior da célula Teste de corte: O tratamento pelo frio afecta de forma significativa a força máxima de corte do material em relação ao material fresco; As amostras de beterraba, cenoura e couve de bruxelas que sofreram congelamento lento apresentaram maior alteração da força do que no processo de convecção forçada; Para os nabos, rabanete e batata a situação é contrária, justificando-se pela alteração da massa durante o congelamento; O método de análise estatística confirma que a maior alteração de massa está relacionada com a força máxima de corte; Elasticidade: dos produtos frescos 9.7-15.3%; após congelação rápida 31-60.38%; nos produtos congelados lentamente 41.85-69.25%	Góral e Kluza, 2009
Cogumelo; Couve-flor verde; Feijão; Ervilha	Nas amostras pré-tratadas o congelamento foi mais rápido e os cristais de gelo formados são menores provocando menores danos nas células.	Haiying, W. <i>et al.</i> , 2007
Maçã	O ponto de congelação diminui com o aumento do teor de sólidos A temperatura de transição vítrea aumentou com o aumento do teor de sólidos	Bai <i>et al.</i> , 2001



### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**



Neste capítulo são descritas as metodologias e o material (matérias-primas e equipamentos) utilizados para a congelação, análise de textura, determinação da cor, teor de cinzas e análise sensorial das algas.

Foram utilizados cinco equipamentos, ou seja, a congelação foi efectuada através de um túnel (Armafield FT 36-E), um abatedor (Magnus) e uma câmara de conservação de congelados (Iberna), a textura foi determinada com um texturometro (TAXT2i). O teor de cinzas foi determinado por gravimetria após inceneração numa mufla (Heraeus M110). Quanto à cor foi determinada através de um colorímetro Minolta CR-300

Também se realizaram ensaios com uma alga desidratada (Algamar).

São ainda descritos os métodos analíticos e instrumentais aplicados na execução laboratorial deste trabalho.

### **3.1. ALGAS ESTUDADAS**

#### **3.1.1. ALGAS FRESCAS PARA O PROCESSO DE CONGELAÇÃO**

A alga estudada em todos os ensaios realizados foi a *Laminaria ochroleuca* proveniente da praia do Norte, situada em Viana do Castelo. A colheita da alga foi efectuada durante a maré baixa nos meses de Maio e Junho de 2010. Foi escolhida esta alga pela sua distinta presença nesta praia, pela sua constituição nutricional e por ser alvo de vários estudos (Besada *et al.*, 2009; Fleurence, 1999; Rupérez, 2002). Após a colheita das algas, estas foram colocadas em recipientes estanques e imersas em água do mar e seguidamente transportadas para o local de estudo. Posteriormente foram lavadas e cortadas em tiras de 20 cm de comprimento independentemente da sua largura. A alga não foi armazenada, uma vez que se procedeu de imediato à sua congelação.

#### **3.1.2. TRATAMENTO DA ALGA PARA O PROCESSO DE CONGELAÇÃO**

O excesso de água das algas foi retirada através do escorrimento numa matriz perfurada. De seguida as algas foram colocadas em tabuleiros e submetidas ao processo de congelação, o qual foi monitorizado, através de um registador e sonda de temperatura (Thermocouple Thermometer, HD 9016) (Figura 16).

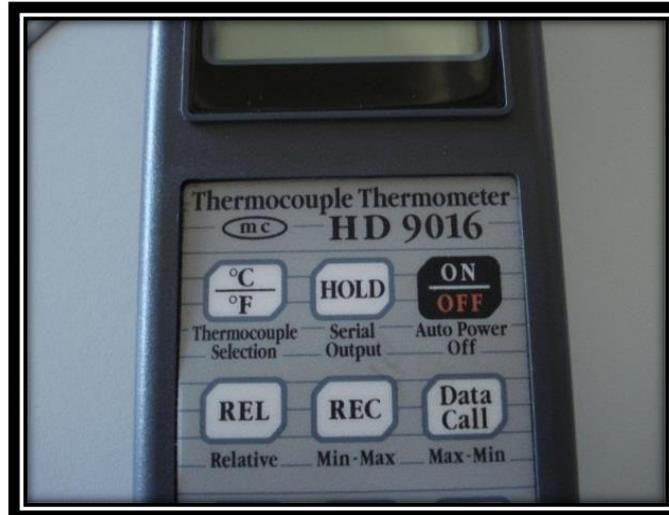


Figura 16 - Termopar utilizado no controlo da temperatura de congelação

### 3.1.3. ALGA DESIDRATADA

Para comparação de resultados utilizou-se a alga *Laminaria* desidratada adquirida no mercado de produtos biológicos (Algamar). Esta alga encontra-se conservada por desidratação e está acondicionada em embalagens de 100g (Figura 17).



Figura 17 – Alga desidratada utilizada nos diversos ensaios

### 3.2. PROCESSOS DE CONGELAÇÃO

A congelação das algas foi efectuada em três equipamentos diferentes os quais permitem a congelação lenta e rápida. Desta forma foi possível estudar o efeito da congelação na alga *Laminaria ochroleuca*. As condições de congelação utilizadas tiveram em conta estudos realizados em congelação de vegetais e fruta referidos por Bai *et al.* (2001); Gómez e Sjöholm (2004); Haiying *et al.* (2007); Li e Sun (2002) e Rahman *et al.* (2002).

Na tabela 5 encontram-se discriminadas as condições operacionais dos ensaios realizados nos diferentes tipos de equipamentos utilizados.

Os equipamentos de congelação e a respectiva metodologia seguida encontra-se descrita nos subcapítulos seguintes.

**Tabela 5 – Métodos de congelação e respectivas condições operacionais**

Método	Equipamento	Temperatura °C	Ventilação m/s	Código do ensaio
<b>Ultra Congelação</b>	Túnel	-20	6.2	CR-20 °C
		-30		CR-30 °C
		-40		CR-40 °C
	Abatedor	-40	3.15	CA
<b>Congelação lenta</b>	Câmara congelação	-20	Sem ventilação	CL

#### 3.2.1. TÚNEL DE CONGELAÇÃO

O túnel de congelação, Armfield, FT36 – “Blast and Fluid Bed Freezer” é um equipamento que permite a ultracongelação dos alimentos através da circulação de ar frio forçado dentro da câmara (Figura 18 e 19). Trata-se de um sistema que utiliza o princípio termodinâmico do ciclo de Carnot através da compressão do líquido frigorígeno, que neste caso é o R404 A. Dentro da câmara existe um suporte, em aço inoxidável, no qual os alimentos são colocados, permitindo a passagem do ar e a

consequente congelação do alimento, através da absorção do respectivo calor latente. Foram realizados três ensaios no túnel de congelação com três temperaturas diferentes:

-20 °C, -30 °C e -40 °C, mantendo-se a velocidade de circulação do ar, 6.20 m/s.

O tabuleiro com as algas foi introduzido no túnel e deu-se início à congelação, programando a temperatura em estudo (a sonda de temperatura encontrava-se no centro térmico da alga<sup>7</sup>). O processo foi mantido à temperatura desejada até se atingir no centro da alga -18 °C.

Os valores de temperatura foram registados ao longo do tempo e apresentam-se no capítulo 4.



**Figura 18 – Túnel de congelação utilizado para a congelação das algas**



**Figura 19 - Interior do túnel de congelação utilizado para a congelação de algas**

---

<sup>7</sup> Para controlar a temperatura de congelação, fez-se uma prega com a alga e introduziu-se o termopar, sendo assim considerado o centro térmico o centro da prega.

### **3.2.2. ABATEDOR DE TEMPERATURA**

O abatedor de temperatura, Magnus “Blast Chiller – Freezer”, é um equipamento que permite a ultracongelamento dos alimentos através da circulação de ar frio forçado dentro da câmara. Este sistema também utiliza a compressão do líquido frigorígeno para a congelamento rápida dos alimentos. Dentro da câmara existem 5 suportes laterais para encaixe de tabuleiros de aço inoxidável, nos quais os alimentos são colocados.

Da mesma forma que o processo de congelamento do subcapítulo anterior, os tabuleiros com as algas foram colocados no abatedor de temperatura, sendo efectuado o registo da variação da temperatura ao longo do tempo, através de uma sonda de temperatura ligada a um registador (Thermocouple Thermometer HD 9016). Considerou-se a amostra congelada quando a temperatura no centro atingiu os -18 °C.

### **3.2.3. CÂMARA DE CONGELAMENTO**

As amostras de alga (no tabuleiro) foram colocadas numa câmara de armazenamento a -20 °C, sem ventilação. A sua temperatura ao longo do tempo não foi registada uma vez que se trata de um processo conhecido como lento quando comparado com os restantes.

## **3.3. ARMAZENAMENTO DAS AMOSTRAS**

Após cada ciclo de congelamento, as amostras foram embaladas em sacos adequados ao embalamento a vácuo (referência PA/PE 80 300\*400 da Miranda & Serra, SA). Estes foram selados a quente e armazenadas de seguida numa câmara de armazenamento de congelados a -18 °C (Iberna), durante um mês.

## **3.4. REGENERAÇÃO DAS AMOSTRAS**

A regeneração das amostras foi efectuada através da imersão das mesmas em água a 100°C. De forma a estudar o efeito do tempo de regeneração nas características, de textura da alga, a imersão fez-se durante 10 e 30 minutos de com o ensaio

### **3.5. MÉTODOS ANALÍTICOS**

#### **3.5.1. TEOR DE CINZAS**

A metodologia utilizada na determinação do teor de cinzas têm por base o trabalho de Rupérez (2002), com uma adaptação, no que se refere à temperatura de inceneração. No trabalho de Rupérez a temperatura é de 550 °C e a utilizada neste trabalho foi de 600 °C. O procedimento foi efectuado em duas fases: secagem das algas e determinação do teor de cinzas. Ou seja, para que fosse possível fazer comparações entre os valores de cinzas das algas congeladas e das secas era necessário que estas estivessem nas mesmas condições, assim, primeiramente retirou-se a humidade às algas congeladas e só depois é que se determinou o teor de cinzas.

##### **3.5.1.1. SECAGEM DAS ALGAS**

Para retirar a humidade das algas congeladas, utilizou-se a secagem em estufa a 105 °C durante 24 horas. Iniciou-se este processo com a secagem dos cadinhos que foi efectuada em estufa a 105 °C durante uma hora. De seguida, colocaram-se os cadinhos no exsiccador para arrefecerem, pesaram-se os cadinhos e tararam-se. Posteriormente colocaram-se as amostras nos cadinhos e colocaram-se na estufa. Após a secagem, os cadinhos foram retirados da estufa e colocados no exsiccador. Depois pesaram-se e determinou-se a percentagem de humidade por gravimetria.

A humidade foi determinada através da seguinte equação:

$$\% \text{ Humidade} = \frac{\text{peso inicial} - \text{peso final}}{\text{peso inicial}} \times 100$$

Estes dados encontram-se em apêndice (Apêndice I-C). Após este procedimento iniciou-se a determinação do teor de cinzas.

##### **3.5.1.2. TEOR DE CINZAS NAS ALGAS APÓS SECAGEM**

Este método iniciou-se com a preparação dos cadinhos com a prévia secagem dos mesmos a 600 °C durante 2 horas. De seguida, retiraram-se os cadinhos da mufla (Heraeus M110) (Figura 20) deixando-se arrefecer no exsiccador (Figura 21). Posteriormente, colocaram-se as amostras nos cadinhos, os quais foram inseridos na mufla. Foi utilizado o método do degrau para o aumento de temperatura, isto é a

temperatura inicial foi de 200 °C e posteriormente efectuaram-se degraus de 100 °C, cada duas horas até atingir os 600 °C, permanecendo com esta temperatura durante 16 horas o que fez um total de 24 horas.



**Figura 20 – Mufla utilizada para a determinação de cinzas**



**Figura 21 – Exsicador utilizado para arrefecimento das amostras**

Na Figura 22 é possível visualizar o aspecto das cinzas após calcinação.

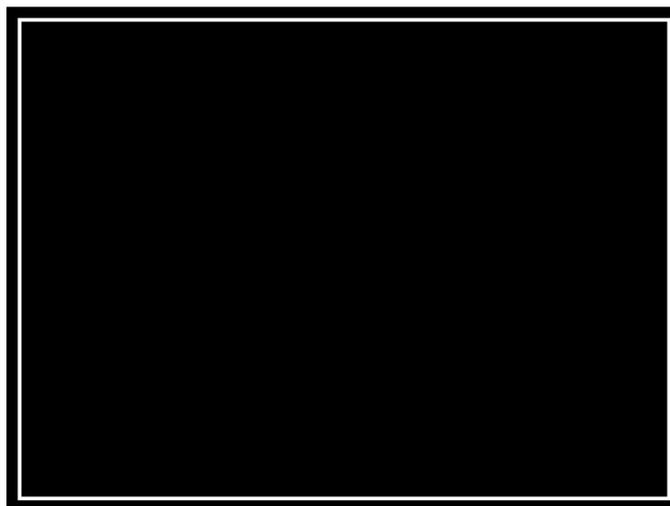


Figura 22 - Cadinhos com cinzas

■ COR

### 3.5.2.1. DESCRIÇÃO DO MÉTODO

A cor dos alimentos pode ser descrita por vários sistemas de coordenadas. Alguns dos sistemas mais conhecidos são: Hunter Lab, CIE (Comissão Internacional de “L’Eclairage”)  $L^* a^* b^*$ , CIE XYZ, CIE  $L^*u^*v^*$ . Estes diferem entre si na simetria do espaço das cores e o sistema de coordenadas usado para definir pontos deste espaço. Destes, o CIE e o sistema Hunter são os mais importantes para a medida instrumental. O método proposto pela CIE, definido em 1976, baseia-se num espaço tridimensional de modo que cada cor é representada por um único ponto nesse espaço. É definido pelas coordenadas  $L^*a^*b^*$ , em que (Billmeyer e Saltzmann, 1981):

Eixo  $L^*$  - representa a luminosidade numa escala de 0 (preto) a 100 (branco);

Eixo  $a^*$  - representa uma escala de tonalidades de vermelho (0+a) a verde (0-a);

Eixo  $b^*$  - representa uma escala de tonalidades de amarelo (0+b) a azul (0-b);

A saturação pode ser calculada através da seguinte equação:

$$C^*=(a^{*2}+b^{*2})^{1/2}$$

Em que quanto maior o valor de saturação mais brilhante é o alimento;

A coloração pode ser calculada através da seguinte equação:

$$H^{\circ}=\arctg(b^*/a^*)$$

Onde quanto maior o valor de coloração mais intensa é a cor.

### 3.5.2.2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

#### Determinação da cor com colorímetro minolta

Para a determinação da cor utilizou-se um colorímetro Minolta CR-300 e o sistema utilizado foi o CIE  $L^*a^*b^*$ .

Relativamente à determinação da cor nas amostras procedeu-se à calibração do colorímetro. Assim, o colorímetro foi posicionado no centro da placa de calibração, procedendo-se à calibração. Para a verificação da correcta calibração do equipamento, confirmam-se os valores obtidos no mostrador:  $L$  97.06;  $a^*$  +5.28;  $b^*$  -3.49, de acordo com o pretendido.

Posteriormente procedeu-se à determinação de cor das amostras, posicionando-se o colorímetro no centro das mesmas e registando os valores ( $L^*a^*b^*$ ) obtidos. A determinação da cor foi determinada em octuplicado para cada amostra.

#### Conversão dos parâmetros $L^*a^*b^*$ no programa “color metric converter”

Para que fosse possível converter os valores de  $L^*a^*b^*$  utilizou-se um conversor colorimétrico “color metric converter” ([www.colorpro.com](http://www.colorpro.com)). Neste programa foram introduzidos os valores de  $L^*a^*b^*$ , obtidos através da leitura do colorímetro. Na Figura 23 é possível visualizar a título exemplificativo o painel do conversor.

Color space		Enter ...	Press ...
(CIE) $L^*a^*b^*$	L*	34.5584	CONVERT
Observer	$a^*$	-4.6637	
Illumin. 2°	$b^*$	25.1700	
<hr/>			
$L^*$ 34.558	X 7.3749	(h)L 28.774	[Color Patch]
$a^*$ -4.663	Y 8.2795	a -4.604	
$b^*$ 25.170	Z 3.2437	b 13.458	
$L^*$ 34.558	Y 8.2795	R 78.827	
$C^*$ 25.598	x 0.3902	G 74.427	
$H^\circ$ 100.49	y 0.4381	B 37.389	

Figura 23 – Conversor colorimétrico para determinação da cor das algas

### **3.5.3. TEXTURA**

#### **3.5.3.1. DESCRIÇÃO DO MÉTODO**

Nos alimentos em geral, a textura é um dos atributos mais importantes entre aqueles que afectam a preferência e a aceitação por parte dos consumidores. Para cada alimento, existe uma série de factores básicos de qualidade e uma série de características de textura que são apreciados pela maior parte dos consumidores (RODRIGUES, 1999). Cientificamente, a textura é um conceito puramente sensorial, cuja percepção pode-se distinguir entre características: mecânicas, geométricas, de composição química, acústicas, visuais e térmicas (FISZMAN, 1998). Desta forma, considera-se que a textura é, na realidade, um conjunto de propriedades. No entanto, pode-se afirmar que o estímulo na percepção da textura é principalmente mecânico e, conseqüentemente, quase todos os métodos instrumentais de avaliação de textura são ensaios mecânicos. Os ensaios mecânicos medem as relações entre pressão e deformação dos materiais e através deles, por ensaios instrumentais, determinam-se parâmetros como a dureza e a coesividade, por exemplo. Os texturómetros universais permitem a obtenção de dados de resistência à compressão, ao cisalhamento, extrusão, corte, entre outros, com rapidez e precisão, registando a resposta do material durante o processo de medição, através de curvas de onde se podem extrair uma série de dados (RODRIGUES, 1999).

#### **3.5.3.2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL**

Os ensaios à textura das algas foram efectuados num texturometro TAXT2i Stable Micro Systems Lda (Figura 23), com software Texture Expert 1.22. Todos os ensaios foram realizados à temperatura ambiente (20°C). As amostras foram colocadas na plataforma do texturometro, como se pode visualizar na Figura 24. As tiras de algas foram mantidas na mesma orientação para que as fibras não influenciassem a análise (Chassagne-Berces, 2009). Realizaram-se testes uniaxiais de compressão ao corte. O teste uniaxial de compressão determina a resistência que a amostra opõe a uma determinada força. No entanto, para a realização deste teste fizeram-se várias adaptações, nomeadamente a utilização da plataforma perfurada no centro e a utilização da sonda “craft knife adapter and blades (A/CKB)” com lâminas (Figura 24). As condições do teste foram: a velocidade de pré teste de 5 mm/s, a velocidade de ensaio

constante de 1 mm/s, a velocidade pós – teste de 2 mm/s e a distância do teste de ruptura de 1 mm. Foram realizadas cinco medições para cada amostra.



Figura 24 – Avaliação da textura da *Laminaria ochroleuca*

Após cada teste obteve-se um gráfico, texturograma (Figura 25), a partir do qual se obtém a Área (assinalada com A na Figura 25) e a Dureza, que é o valor de força máxima (Figura 25). A força máxima está associada à dureza ou resistência à penetração. A Área está relacionada com a rigidez e com a energia necessária para romper o alimento.

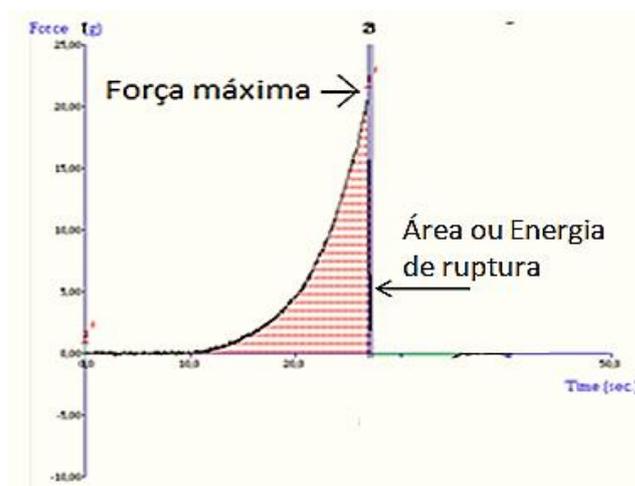


Figura 25 – Texturograma utilizado para determinação da energia de ruptura e da força máxima das algas

## ANÁLISE SENSORIAL

A prova de análise sensorial teve como objectivo averiguar diferenças entre as algas obtidas pelos processos de congelação diferentes e a desidratação em termos da caracterização de vários atributos. Esta análise foi realizada no laboratório de Análise Sensorial da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viana do Castelo, em cabines individuais, sob condições de iluminação. Esta análise fez-se em duas fases Treino dos provadores e Prova Descritiva:

### a) Treino dos provadores

As 5 amostras foram avaliadas por um painel constituído por 7 provadores não treinados do sexo masculino e do sexo feminino de diversas idades. Como os provadores nunca tinham contactado sensorialmente com este tipo de alimento fez-se um treino prévio. Este treino consistiu em apresentar a alga com diferentes tempos de regeneração. Como demonstra a Tabela 6 os provadores foram orientados segundo alguns atributos como: cor, brilho, pigmentação, textura no corte com a faca, cheiro típico, textura durante a mastigação e sabor.

**Tabela 6 – Descrição dos atributos utilizados na análise sensorial**

Atributos		Descrição
<b>Aspecto</b>	Cor	Cor associada à alga (castanho-verde)
	Brilho	Brilho associado à alga
	Pigmentação	Intensidade de pigmentação na alga
<b>Textura (com a faca)</b>	Elasticidade	Ao cortar a alga com a faca
	Dureza	Resistência ao corte por parte da alga
<b>Cheiro (típico)</b>		Intensidade do cheiro da alga (cheiro a mar)
<b>Textura (na mastigação)</b>	Primeira dentada	Intensidade da força na primeira dentada
	Durante a mastigação	Intensidade da força durante a mastigação
	Outro aspecto	Outro aspecto evidenciado durante a mastigação
<b>Sabor</b>	Sabor típico	Intensidade do sabor típico da alga (sabor marinho)
	Outro sabor (amargo, doce, salgado, azedo)	

Para o treino de provadores foi usada a alga desidratada seleccionada como alga de referência. Esta foi apresentada aos provadores com tempos de regeneração de 0, 5, 10, 20, 30, 45 e 60 minutos.

Verificou-se que a alga que apresenta melhor cor, brilho, pigmentação, textura, cheiro e sabor foi regenerada durante 30 minutos. Assim ficou determinado que as algas usadas para a prova descritiva seriam regeneradas durante 30 minutos.

#### b) Análise Sensorial Descritiva

Nesta prova de análise sensorial todas as amostras foram sujeitas a uma regeneração em água a 100 °C durante um período de 30 minutos, posteriormente foram aleatoriamente apresentadas em pratos, aos provados, usando uma codificação através de letras (Apêndice I-F). Os provadores receberam as amostras e avaliaram atributos como aspecto: cor, aspecto: brilho, aspecto: pigmentação, textura: elasticidade, textura: dureza, cheiro, textura na mastigação na primeira dentada, textura durante a mastigação e sabor. A classificação dos atributos foi efectuada de acordo com a escala hedónica apresentada na Figura 26. Como amostra de referência foi fornecida a alga desidratada previamente regenerada durante 30 minutos.

Atributos		Apreciação						
<b>Aspecto</b>	Cor	Verde	1	2	3	4	5	Castanho
	Brilho	Pouco	1	2	3	4	5	Muito intenso
	Pigmentação	Pouco	1	2	3	4	5	Muito
<b>Textura (corte com a faca)</b>	Elasticidade	Pouco	1	2	3	4	5	Muito
	Dureza	Pouco	1	2	3	4	5	Muito
<b>Cheiro</b>		Pouco	1	2	3	4	5	Muito intenso
<b>Textura (na mastigação)</b>	Primeira dentada (dureza)	Pouco	1	2	3	4	5	Muito
	Durante a mastigação	Pouco	1	2	3	4	5	Muito
	Outro aspecto	Pouco	1	2	3	4	5	Muito
<b>Sabor</b>	Sabor típico	Pouco	1	2	3	4	5	Muito intenso
	Outro sabor	Pouco	1	2	3	4	5	Muito

Figura 26 – Folha de prova da análise sensorial realizada e respectiva escala hedónica para classificar os vários atributos.

### ■ ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados obtidos foram submetidos a uma análise de variância de factor único (ANOVA). Foi realizada ainda uma análise de componentes principais (ACP). Na ACP procurou-se obter os conjuntos de variáveis que se correlacionassem entre si, procurando resumir grande parte da informação presente nos dados, utilizando-se para o efeito o programa de estatística “Statistic for Windows 7.0” (StatSoft Inc., 2004).

## 4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS



De forma a averiguar o efeito da congelação nas algas frescas e após regeneração, mais especificamente na *Laminaria ochroleuca*, realizaram-se ensaios com diferentes condições de congelação, nomeadamente congelação rápida e lenta. Em todos os ensaios realizados foi estudado o efeito da congelação na textura, na cor e no teor de cinzas desta espécie de algas.

Também se averiguou o efeito do tempo de regeneração de 10 e 30 minutos nas características de textura e cor das algas.

Também se efectuou uma análise sensorial à alga *Laminaria ochroleuca* após regeneração. Nesta análise foram caracterizados alguns atributos tais como: aspecto, textura, cheiro e sabor.

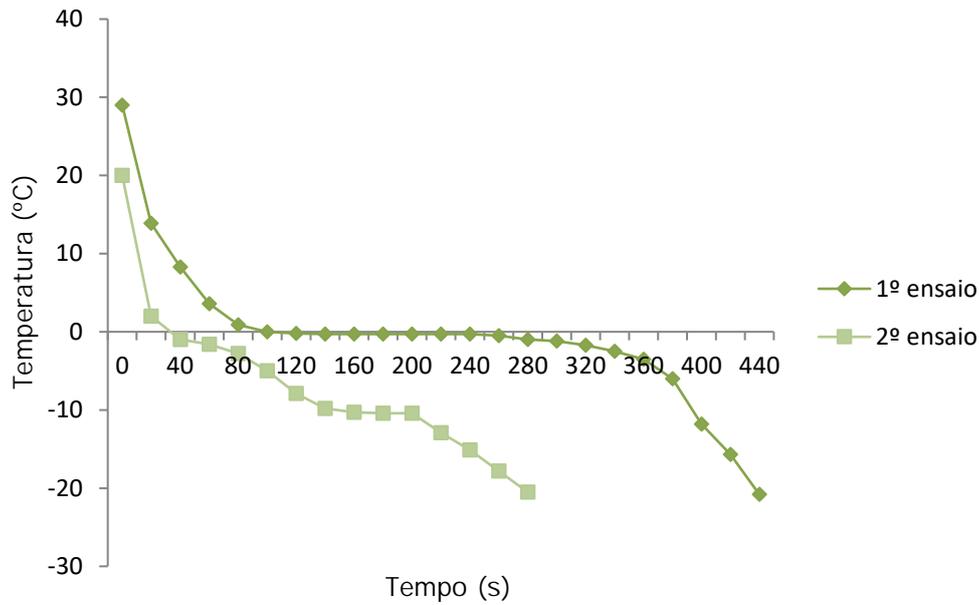
Este capítulo encontra-se dividido em vários subcapítulos nos quais se discute os resultados obtidos em cada análise realizada e os respectivos efeitos de congelação.

#### **4.1. EVOLUÇÃO DA TEMPERATURA DE CONGELAÇÃO EM FUNÇÃO DO TEMPO**

Durante a congelação das algas, nas diversas experiências realizadas, registaram-se os valores da temperatura ao longo do tempo (Figuras 27, 28, 29 e 30). Refira-se que em cada experiência realizaram-se dois ensaios.

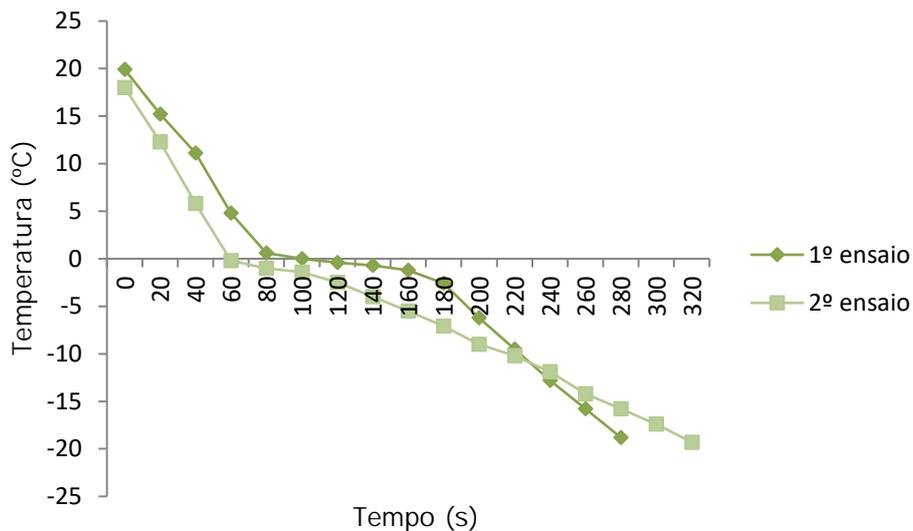
Em todas as figuras é possível observar o decréscimo de temperatura ao longo do tempo, assim como as várias fases que caracterizam um processo típico de congelação. Estes resultados estão de acordo com o esperado teoricamente (Fellows, 2000).

No caso da Figura 27, túnel de congelação a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  com ventilação de  $6,2\text{ m/s}$ , é possível verificar que o ponto de congelação é de  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , e após 7 minutos e 30 segundos atinge-se a temperatura de  $-18^{\circ}\text{C}$ , para o primeiro ensaio. Enquanto que, para o segundo ensaio a temperatura de congelação é de  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , e após 4 minutos e 60 segundos é alcançada a temperatura de  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ . De referir que a leitura da temperatura ao longo do tempo é dificultada pelo método de ligação entre a alga e a sonda de temperatura. Tal facto poderá conduzir a alguns desvios na leitura.



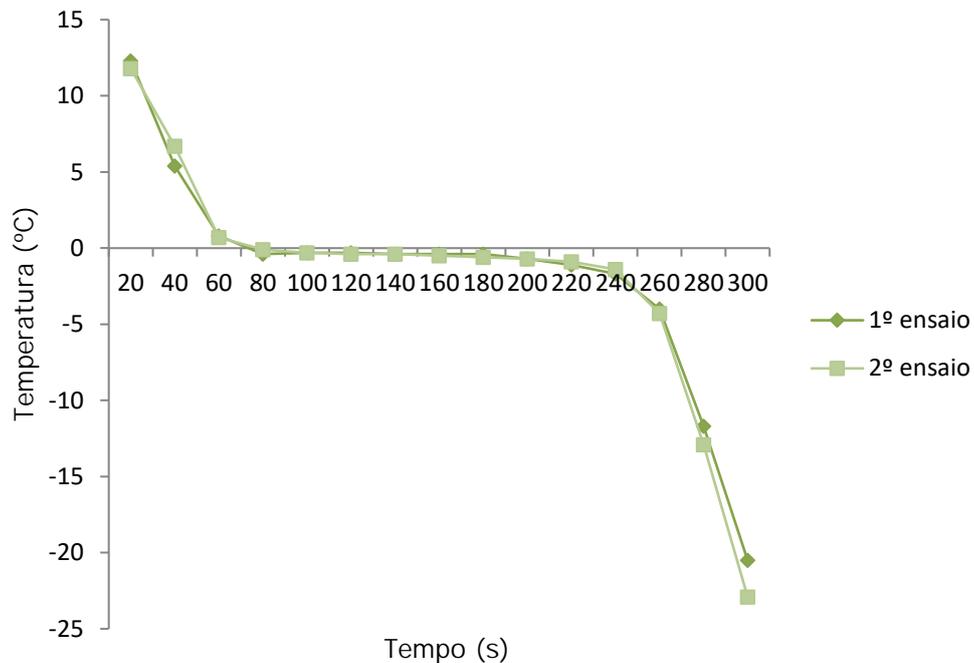
**Figura 27 – Evolução da temperatura ao longo do tempo de congelamento para os duplicados realizados CR-20 °C**

Já no caso da experiência realizada a -30 °C com uma ventilação de 6,2 m/s (Figura 28) verifica-se que a temperatura de congelamento para os dois ensaios é de 0 °C e após 4 minutos e 33 segundos, e 5 minutos e 33 segundos atinge-se a temperatura de -18 °C para o primeiro e segundo ensaio respectivamente.



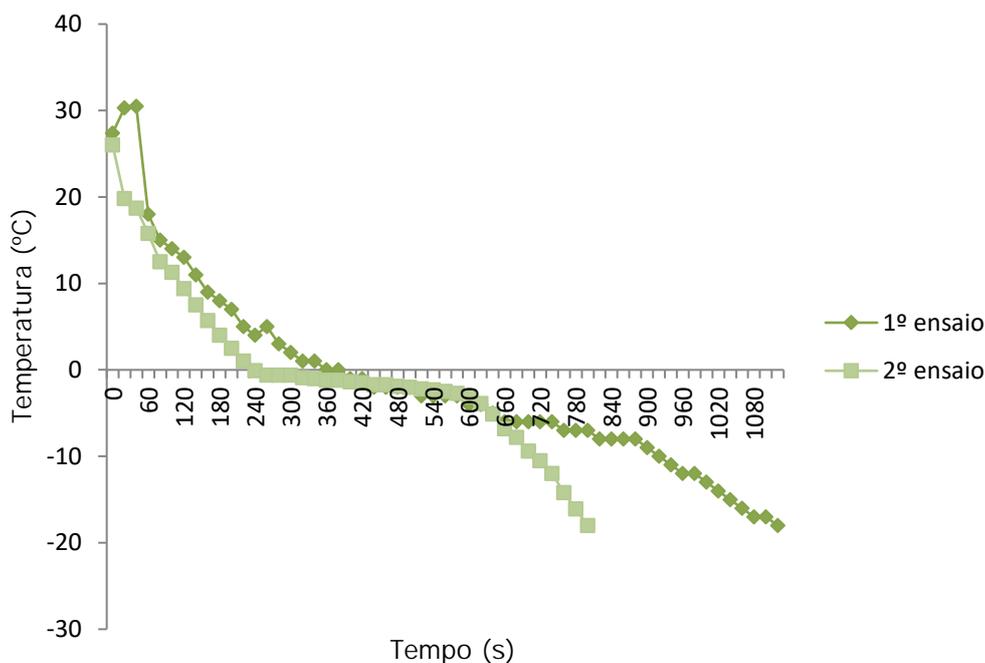
**Figura 28 – Evolução da temperatura ao longo do tempo de congelamento para os duplicados realizados CR-30°C**

A congelação das algas, efectuada no túnel de congelação a  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Figura 29), com uma ventilação de  $6,2\text{ m/s}$ , é atingida, em simultâneo nos dois ensaios, aos  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Considera-se que as algas estavam congeladas ao fim de 5 minutos, visto a temperatura ter atingido os  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



**Figura 29 – Evolução da temperatura ao longo do tempo de congelação para os duplicados realizados CR- $40\text{ }^{\circ}\text{C}$**

No caso de congelação no abatedor de temperatura (Figura 30), a  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  com ventilação de  $3,15\text{ m/s}$ , a alga congelou após 6 minutos e atingiu a temperatura de  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  aos 19 minutos para o primeiro ensaio e 17 minutos e 33 segundos para o segundo ensaio. Concluindo-se que demorou mais tempo do que qualquer um dos processos anteriores.



**Figura 30 – Evolução da temperatura ao longo do tempo de congelamento para os duplicados realizados CA**

Com os resultados obtidos, conclui-se que o túnel de congelamento promove uma congelamento rápida das algas, enquanto que o abatedor de temperatura não demonstra a mesma rapidez de congelamento. Relativamente às diferentes temperaturas de congelamento, não existem diferenças significativas em termos de tempo de congelamento que permitam concluir qual a temperatura mais adequada ao processo. Mas, tendo em conta a economia de processo, poderá seleccionar-se a temperatura de  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , uma vez que conduz a resultados muito semelhantes em termos de tempo de congelamento.

A partir dos gráficos da temperatura versus tempo de congelamento foi possível calcular a taxa de arrefecimento até  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  e taxa de congelamento até  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  da alga nos ensaios realizados no túnel de congelamento e no abatedor de temperatura (Apêndice II-A). Através da análise dos resultados da Tabela 7 verifica-se que a taxa de arrefecimento das algas até  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  (valores absolutos) diminui com o aumento da temperatura de congelamento ( $p < 0,05$ ), de  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  até  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $0,467\text{ }^{\circ}\text{C/s}$  e  $0,283\text{ }^{\circ}\text{C/s}$ , respectivamente, no túnel de congelamento. No caso do abatedor de temperatura a taxa de arrefecimento é bastante inferior aos casos anteriores ( $p < 0,05$ ),  $0,121\text{ }^{\circ}\text{C/s}$ . Este facto poderá ser explicado pela velocidade de ar forçado, que é cerca de 3 vezes inferior no abatedor quando comparado com o túnel. Outra diferença entre o processo de congelamento nestes

equipamentos reside na forma de circulação do ar, pois no caso do túnel as algas encontravam-se em tabuleiros abertos através dos quais o ar circulava livremente. Pelo contrário, no caso do abatedor, as algas encontravam-se em tabuleiros fechados com menor taxa de transferência de calor. Os resultados do parâmetro  $r^2$ , evidenciam que existe uma boa correlação em todos os casos, uma vez que são valores bastante próximos de 1.

**Tabela 7 – Valores das médias da taxa de arrefecimento até 0°C e taxa de congelação até -18°C (valores absolutos) da alga nos ensaios realizados no túnel de congelação e no abatedor de temperatura, o desvio padrão (DP) e o coeficiente de correlação ( $r^2$ ).**

Ensaio	Taxa de Arrefecimento			Taxa de Congelação até -18°C		
	até 0°C (°C/s)	DP	$r^2$	até -18°C (°C/s)	DP	$r^2$
CR-20 °C	0,467	0,082	0,885	0,185	0,081	0,996
CR-30° C	0,276	0,041	0,996	0,122	0,046	0,996
CR-40° C	0,283	0,007	0,992	0,343	0,032	0,976
CA	0,121	0,048	0,973	0,060	0,041	0,973

Resultados semelhantes também foram observados para a taxa de congelação da alga até -18 °C (Tabela7). Verificando-se, no entanto que no ensaio realizado no túnel de congelação a -40 °C a taxa de congelação é consideravelmente maior do que nas restantes ( $p < 0,05$ ), 0,343. No trabalho realizado por Haiying *et al.* (2007), no qual estudou as taxas de arrefecimento de produtos vegetais até ao seu ponto de congelação, entre 0,5 °C e -1,4 °C, verificou-se que as ervilhas apresentavam uma taxa de 0,03 °C/min, a couve-flor de 0,13 °C/min e o cogumelo de 0,05 °C/min. Todos os valores são comparáveis com os que foram obtidos neste trabalho e a composição em macronutrientes poderá explicar estes valores.

## 4.2. A TEXTURA DAS ALGAS

A partir da análise à textura da alga através de um teste de corte, após 10 min e 30 min de regeneração em água a 100 °C, foi possível obter dados a partir dos quais se calcularam os valores de área e de força (N) para cada uma das experiências realizadas.

Através dos valores da força e da área poderá ser possível inferir qual o processo de congelação que favorece as propriedades da alga em termos de dureza.

Através dos parâmetros obtidos, força máxima e área, é possível avaliar a dureza e a energia necessária para romper o alimento, respectivamente.

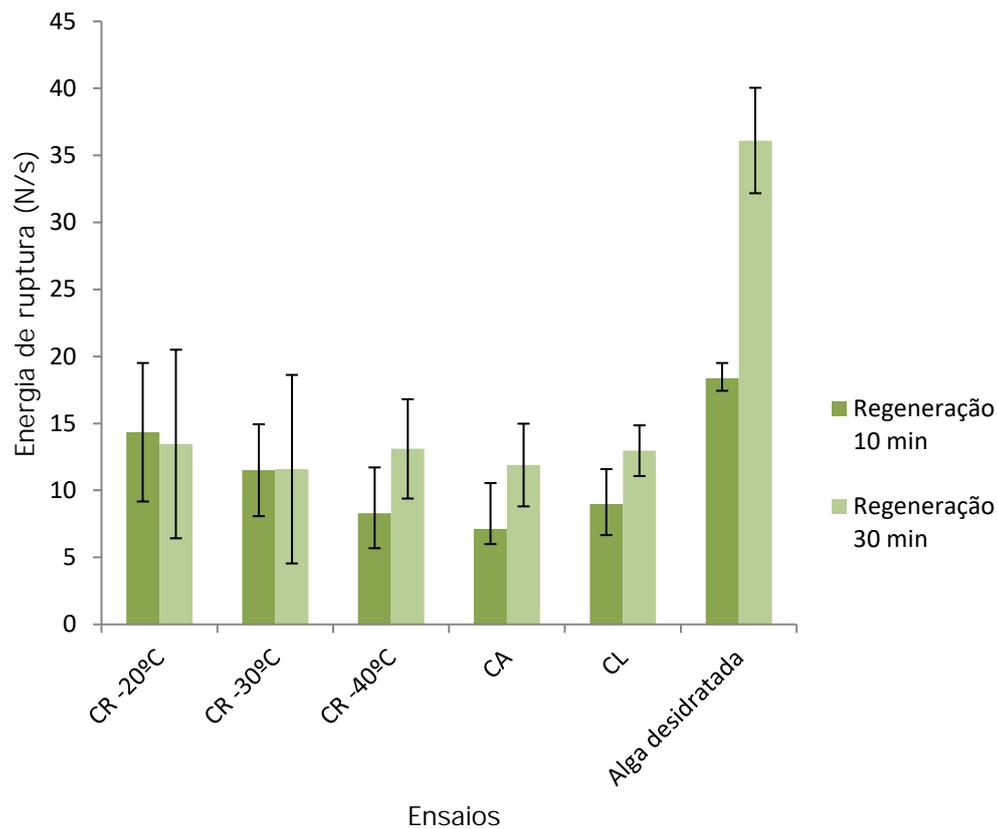
Através da análise da Figura 31 verifica-se que o processo de congelação influencia a textura da alga, quando se compara com a alga desidratada. Isto é, independentemente do método ou da temperatura de congelação, verifica-se que existe uma grande diferença entre os valores obtidos para a alga congelada e para a alga desidratada ( $p < 0,05$ ). Esta diferença é mais acentuada nos casos das experiências com tempos de regeneração de 30 min.

Nas amostras CR-40 °C, CA, CL e alga desidratada quanto maior o tempo de regeneração maior a energia necessária para romper a alga. O que quer dizer que maior a resistência da amostra ao corte. Apenas na amostra C-20 °C não se verifica este comportamento. Na amostra C-30 °C não há diferenças no valor da energia necessária para a ruptura para ambos os tempos de regeneração ( $p < 0,05$ ).

Tendo em conta as amostras regeneradas por um período de 10 minutos verifica-se que quanto mais baixa a temperatura de congelação menor energia necessária.

Nos ensaios com congelação rápida, no túnel (CR-20 °C, CR-30 °C e CR-40 °C) para 10 minutos de regeneração verifica-se que quanto mais rápida é a congelação menor é a energia necessária, isto é menor a resistência que a alga oferece ao corte ( $p < 0,05$ ). Pelo contrário, nos ensaios realizados com 30 minutos de regeneração, não se obtiveram diferenças significativas.

Relativamente às experiências com congelação lenta e rápida para um período de regeneração de 30 minutos, conclui-se que os valores da energia não são muito diferentes tendo em conta a temperatura e o processo de congelação.

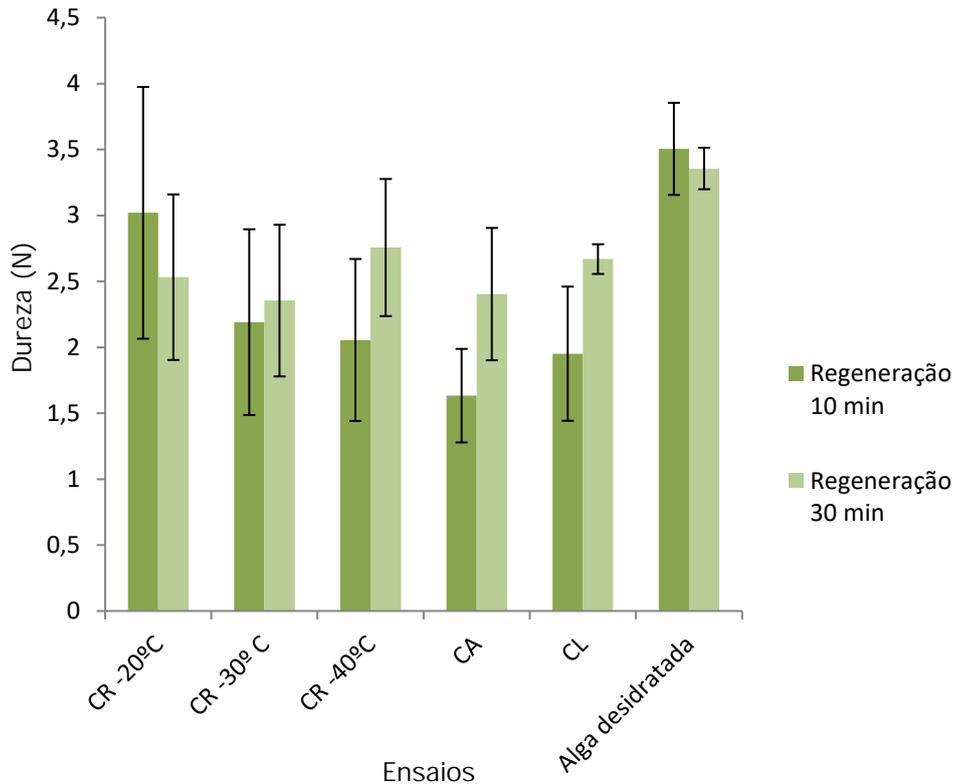


**Figura 31 – Variação energia de ruptura (área do texturograma - energia necessária para romper o alimento) para os vários ensaios realizados em diferentes condições de congelação. Valores médios  $\pm$  desvio padrão de 8 repetições**

Existe uma diferença bastante acentuada ( $p < 0.05$ ) entre os valores de área (energia necessária para romper o alimento) obtidos para a alga congelada e para a alga desidratada. Sendo este comportamento mais evidente com uma regeneração de 30 minutos. De facto, a energia de ruptura da alga desidratada é cerca de 3 vezes superior à da alga congelada, para 30 minutos de regeneração.

Através da análise da Figura 32 pode-se verificar que a força exercida para cortar a alga desidratada quando comparada com as algas congeladas é significativamente maior ( $p < 0.05$ ). Também é possível inferir que, para as algas regeneradas durante 10 minutos, quanto maior a temperatura de congelação menor é a dureza necessária para o seu corte. O que indica que a dureza da alga diminui. Com a excepção da amostra C-20 °C em todas as amostras congeladas verificou-se que, quanto maior o período de regeneração maior a força necessária para o corte da alga. Já no caso da amostra congelada a -20 °C

e para a alga desidratada quanto maior a regeneração menor a força necessária para o corte.



**Figura 32 – Variação da dureza para os vários ensaios realizados em diferentes condições de congelamento. Valores médios  $\pm$  desvio padrão de 8 repetições**

De facto, tal como no caso da área, com a força exercida sobre a alga mais uma vez se confirma a maior dureza da alga desidratada relativamente aos restantes ( $p < 0.05$ ). À excepção de congelamento no túnel a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  e para a alga desidratada, em todos os casos a força é maior no caso das amostras regeneradas durante 30 minutos. O que quer dizer que a alga endurece com o tempo de exposição ao calor. Este comportamento poderá ser indicativo de um aumento da rigidez dos tecidos da alga. De facto, no caso das algas submetidas a congelamento rápida, com uma regeneração de 10 minutos, verifica-se que a força diminui com a diminuição da temperatura.

Destes resultados concluiu-se que o processo de congelamento tem uma influencia bastante acentuada na dureza de algas, sendo que quanto maior a temperatura de congelamento menos dura a alga fica ( $p < 0.05$ ). Da mesma forma se conclui que o tempo de regeneração tem igualmente influência na dureza da alga, principalmente quando esta foi sujeita a um processo de congelamento.

### 4.3. A COR DAS ALGAS

Pela observação da Tabela 8 é possível observar os valores relativos à cor das algas congeladas e da alga desidratada, determinados através dos parâmetros  $L^*$   $a^*$   $b^*$  obtidos por leitura directa num colorímetro Minolta. Através da análise desta, verifica-se, que os valores dos parâmetros de cor das algas são diferentes para as várias algas em análise. Os valores de luminosidade,  $L^*$ , variam entre 30,8 e 37,7 para a alga congelada em abatedor e alga congelada em túnel a  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  com uma regeneração de 30 minutos, respectivamente.

**Tabela 8 – Valores de  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $H^{\circ}$  e  $C^*$  das várias amostras. Valores médios  $\pm$  desvio padrão de 8 repetições**

Ensaio	Tempo de regeneração	$L^*$	DP $L^*$	$a^*$	DP $a^*$	$b^*$	DP $b^*$	$H^{\circ}$	$C^*$
<b>CR -20 °C</b>	10	35,2	$\pm 3,5$	-3,7	$\pm 1,7$	25,7	$\pm 4,8$	98,2	25,9
	30	32,7	$\pm 1,1$	-4,6	$\pm 0,8$	21,1	$\pm 1,2$	102,4	21,6
<b>CR -30 °C</b>	10	36,8	$\pm 1,9$	-2,7	$\pm 3,1$	27,1	$\pm 3,7$	95,7	27,2
	30	34,3	$\pm 3,4$	-3,5	$\pm 3,4$	23,3	$\pm 5,8$	98,4	23,6
<b>CR -40 °C</b>	10	34,1	$\pm 2,4$	-4,1	$\pm 1,0$	23,9	$\pm 4,3$	99,8	24,3
	30	37,7	$\pm 1,7$	-6,9	$\pm 2,7$	30,8	$\pm 3,2$	102,6	31,5
<b>CA</b>	10	34,6	$\pm 3,3$	-4,8	$\pm 2,4$	21,3	$\pm 5,5$	102,6	21,9
	30	33,3	$\pm 3,6$	-4,7	$\pm 2,2$	25,2	$\pm 5,6$	100,5	25,6
<b>CL</b>	10	36,6	$\pm 3,3$	-6,7	$\pm 1,7$	28,5	$\pm 5,3$	103,2	29,2
	30	30,8	$\pm 2,1$	-3,1	$\pm 1,8$	17,7	$\pm 3,2$	100,0	17,9
<b>Alga desidratada</b>	10	32,1	$\pm 1,3$	5,0	$\pm 0,7$	21,3	$\pm 0,9$	76,7	21,8
	30	32,1	$\pm 1,0$	4,4	$\pm 1,2$	21,6	$\pm 2,2$	78,5	22,0

A medição da coordenada de cromaticidade  $a^*$  permite aferir que quando esta apresenta valores positivos (+a) está na direcção da cor vermelha, no entanto, quando os valores são negativos (-a) tende para a cor verde. Assim com a análise dos valores deste parâmetro, referidos na Tabela 8, verifica-se que este apresenta valores negativos, iniciando em -6.7, para as algas congeladas e positivos para a alga desidrata (4.4 e 5,0). Desta forma, conclui-se que as algas congeladas tendem para o verde e a alga

desidratada tende para o vermelho. Segundo Pereira (2007) a coloração verde das algas pode ser justificada pelo facto de estas terem sido colhidas no período estival e em zonas de pouca profundidade.

A coordenada  $b^*$ , diz respeito à direcção que a cor pode assumir, entre o azul para valores de  $b^*$  negativos, e amarelo, para  $b^*$  positivo. Os valores obtidos desta coordenada são todos positivos, logo tendem todos para o amarelo.

De referir que a alga *Laminaria ochroleuca* é extremamente pigmentada o que poderá influenciar a leitura da cor. Segundo Araújo (2009) a cor das algas está relacionada com os pigmentos presentes nestas, sendo eles a clorofila (cor verde), ficoeritrina (cor vermelha) e fucoxantina (cor castanha).

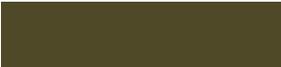
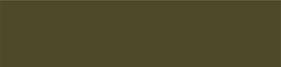
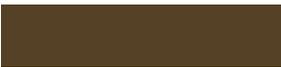
Da análise dos valores de saturação ( $C^*$ ), verifica-se que a amostra mais brilhante é a CR-40 °C com uma regeneração de 30 minutos.

Nas amostras de algas congeladas -20 °C, -30 °C e congelação lenta, quanto menor o tempo de regeneração maior o brilho das amostras. Ao contrário, para a mesma temperatura de congelação, -40 °C, tanto no túnel de congelação como no abatedor, quanto maior o tempo de regeneração, menor o brilho da alga ( $p < 0,05$ ). O mesmo comportamento mas mais acentuado ( $p < 0,05$ ) foi observado para a alga desidrata. Pode-se explicar pelas condições extremas a que a alga foi sujeita, tanto pelo frio, como pela ventilação a quente com desidratação.

Através dos valores de  $H^o$  (intensidade da cor), com a excepção da amostra CA e CL, quanto maior for o tempo de regeneração mais intensa é a cor da alga. No entanto, comparando os valores da coloração das algas congeladas com a alga desidratada pode-se averiguar-se que este é superior.

Com a observação da Tabela 9 é possível verificar que as algas congeladas apresentam uma cor esverdeada, no entanto, a alga desidratada apresenta uma cor castanha. Esta informação vai confirmar os resultados da interpretação dos valores dos parâmetros  $L^*a^*b^*$ .

Tabela 9 – Cor das algas estudadas

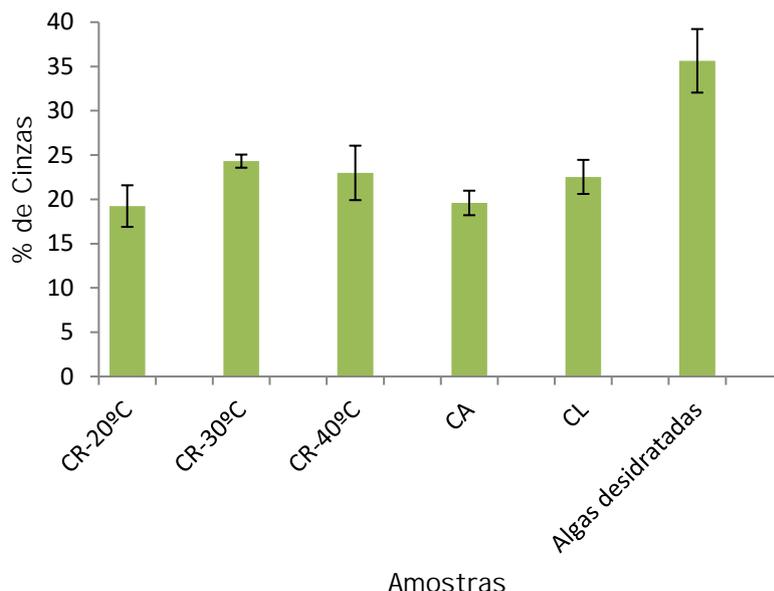
Ensaio	Cor das algas com um período de regeneração de:	
	10 minutos	30 minutos
CR -20 °C		
CR -30 °C		
CR -40 °C		
CA		
CL		
Alga desidratada		

Com estes resultados conclui-se que a congelação não influencia a cor das algas mantendo as suas características iniciais.

#### 4.4. CINZAS

Após o tratamento dos dados obtidos no procedimento experimental, obtiveram-se os resultados da Figura 33. Através da análise desta constata-se que as algas congeladas apresentam menor percentagem de cinzas quando comparadas com a alga desidratada. Segundo Rupérez (2002), nas algas castanhas a percentagem de cinzas pode variar de 30.1% a 39.3%, enquanto nas algas vermelhas varia de 20.6% a 21.1%. Tendo em conta os dados obtidos por este autor considera-se que os valores de cinzas obtido para as algas congeladas é inferior ao esperado. De facto, Black (1948a, In Alves, 1988) verificou que a composição química da alga *Laminaria* variou ao longo dos 2 anos do seu estudo.

Mais se acrescenta que o período de colheita foi bastante determinante para a variação da composição.



**Figura 33 – Quantidade de cinzas presentes nas algas em estudo. Valores médios ± desvio padrão de 2 repetições**

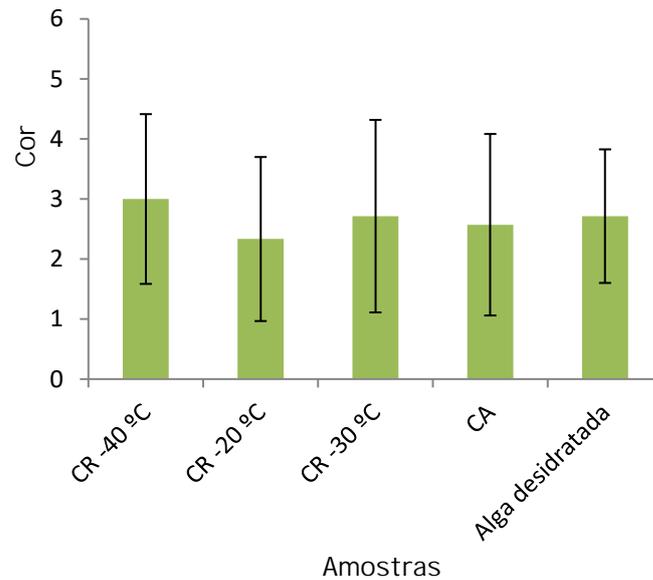
Observando apenas os valores obtidos nas algas congeladas, são muito semelhantes entre si, embora diferentes ( $p < 0,05$ ), podendo assim, dizer-se que a temperatura e os métodos de congelação não interferem na quantidade de minerais que estão na composição das algas.

#### 4.5. ANÁLISE SENSORIAL

A prova de análise sensorial foi efectuada em duas fases: treino de provadores e prova descritiva. Durante o treino dos provadores foram apresentadas várias amostras da alga desidratada utilizada como referência com tempos de regeneração 0, 5, 10, 20, 30, 45 e 60 minutos. Após o treino definiu-se que a alga regenerada durante 30 minutos era a que apresentava melhores características. Assim, ficou determinado que as algas usadas para a prova de análise sensorial seriam regeneradas durante 30 minutos. Posteriormente os provadores foram sujeitos à análise sensorial, da qual foi possível registar os resultados apresentados nas Figuras seguintes.

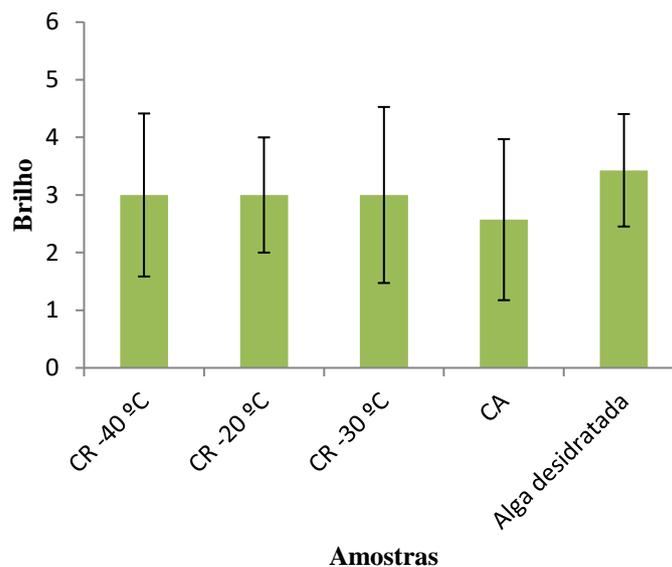
Observando os resultados expressos na Figuras 34 relativamente à cor, verifica-se que todas as algas apresentavam valores entre 2 e 3 numa escala em que o 1 corresponde ao esverdeado e 5 ao castanho. No entanto, embora  $p > 0,05$ , os resultados estão de acordo

com os que foram obtidos através da técnica instrumental (Tabela 7), excepto no caso da alga desidratada.



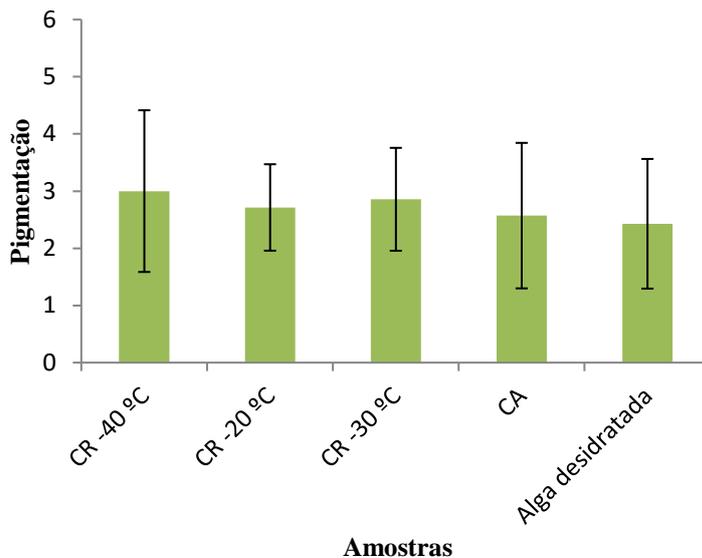
**Figura 34 – Avaliação do atributo Cor das algas congeladas e desidratada. Valores médios  $\pm$  desvio padrão de 7 provadores**

Relativamente ao brilho (Figura 35), os provadores classificam este atributo numa escala de 1 (pouco) a 5 (muito). Em relação às algas CR-20 °C, CR-30 °C, CR-40 °C não existe diferença no brilho, visto que todas as amostras apresentam valores de 3. Aparentemente a alga com maior brilho é a alga desidratada, 3,43 e a menos brilhante é a CA, 2,57, embora  $p > 0,05$ .



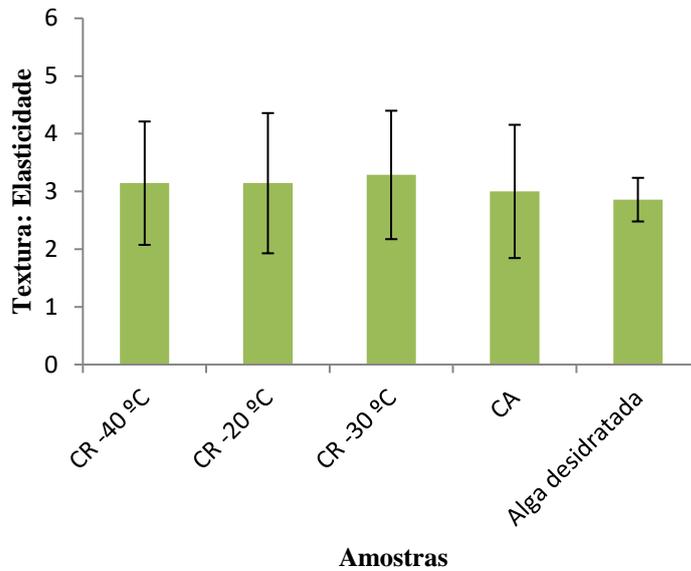
**Figura 35 – Avaliação do atributo Brilho das algas congeladas e desidratada. Valores médios  $\pm$  desvio padrão de 7 provadores**

No que concerne à pigmentação (Figura 36) a prova de análise sensorial foi registada numa escala de 1 (pouco) a 5 (muito). Desta forma observa-se que a alga mais pigmentada (Figura 36) é a CR-40 °C com um valor de 3 enquanto que a menos pigmentada é a desidratada com um valor de 2,43. De facto, como a alga desidratada tem pigmentação castanha e a congelada pigmentação verde (Tabela 9), a informação dada por esta prova pode explicar estes resultados. Apesar de  $p > 0,05$ .



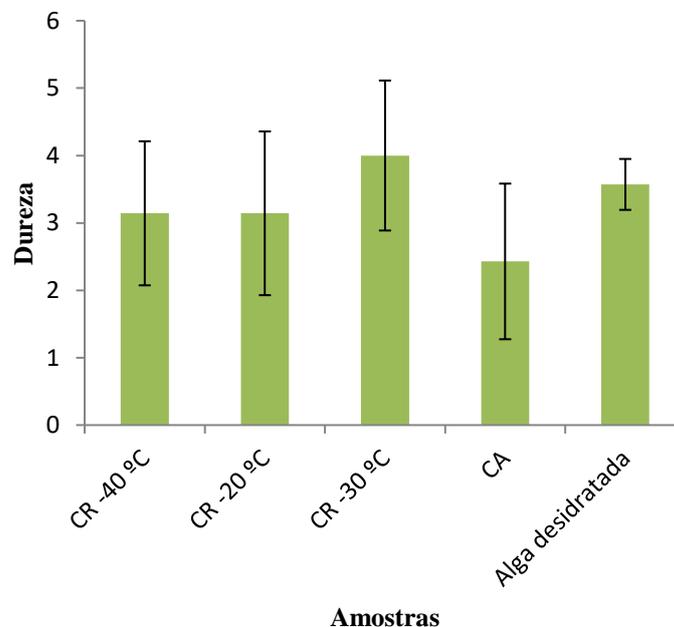
**Figura 36 – Avaliação do atributo Pigmentação das algas congeladas e desidratada. Valores médios  $\pm$  desvio padrão de 7 provadores**

O atributo elasticidade foi avaliado pelo provador com o auxílio de uma faca. Segundo a folha de registo de prova (Figura 26), a escala utilizada para o registo da textura: varia de 1, que corresponde à pouca elasticidade que a alga apresenta quando sujeita ao corte pela faca, a 5, correspondendo a uma elasticidade muito elevada. Aparentemente, com a análise da Figura 37 pode-se verificar que a alga que apresentou mais elasticidade com o corte através da faca foi a congelada em túnel a -30 °C, visto apresentar um valor de 3,29. A alga congelada a -20 °C e -40 °C apresentam a mesma resistência ao corte com um valor de 3,14. Embora  $p > 0,05$ . Estes resultados contrariam o que se concluiu através da técnica instrumental (Figura 31), pois, para um tempo de regeneração de 30 minutos, a alga desidratada apresenta uma energia de ruptura cerca de 3 vezes superior.



**Figura 37 – Avaliação do atributo Elasticidade das algas congeladas e desidratada. Valores médios  $\pm$  desvio padrão de 7 provadores**

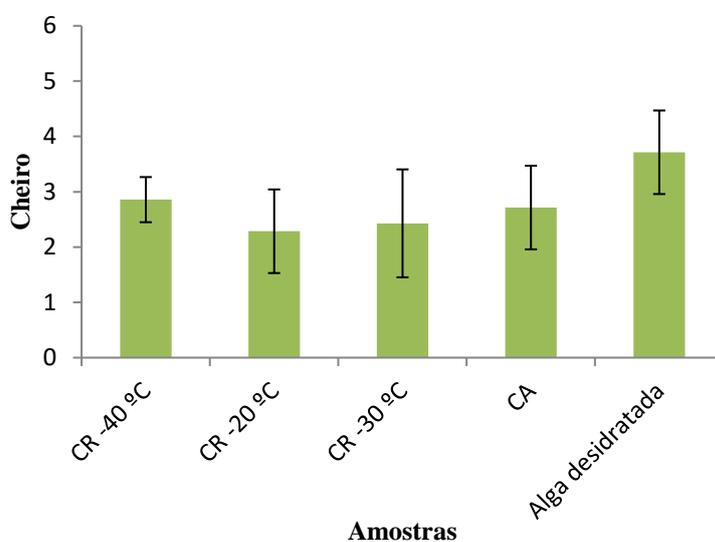
Durante a apreciação da dureza (no corte com a faca) (Figura 37), os provadores avaliaram a alga com valores de 1 a 5, correspondendo a pouco dura e a muito dura respectivamente. Verifica-se que a alga mais dura é a congelada em túnel a  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  (com valor de 4) e a menos dura é congelada em abatedor (com valor de 2,42) ( $p>0,05$ ).



**Figura 38 – Avaliação do atributo Dureza das algas congeladas e desidratada. Valores médios  $\pm$  desvio padrão de 7 provadores**

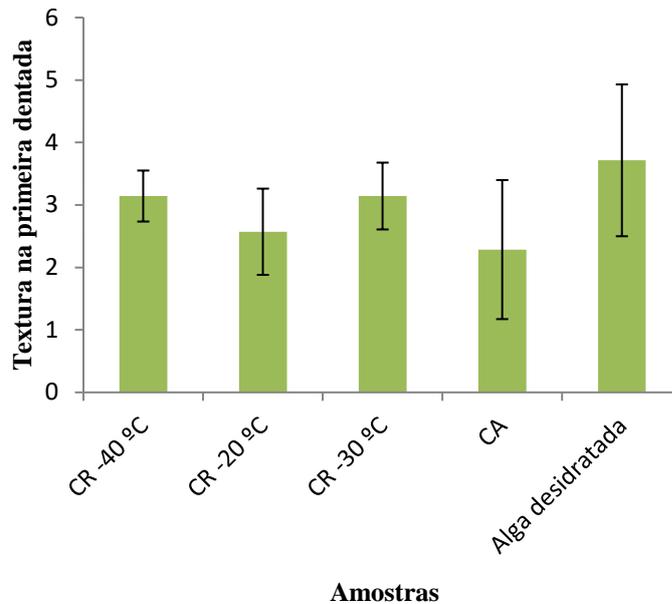
Durante a prova de análise sensorial quantificou-se o cheiro típico a alga com valores de 1 a 5, onde 1 corresponde a pouco cheiro, e 5, a um cheiro muito intenso. Refira-se que o painel foi previamente treinado de forma a familiarizar-se com o cheiro típico a alga.

Observando a Figura 39 denota-se que a alga desidratada é a que apresenta um cheiro mais intenso com um valor de 3,71, em contra partida a que tem menor cheiro é a congelada em túnel a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  com um valor de 2,28 ( $p < 0,05$ ). Estes resultados podem estar relacionados com a cor, pois a diferença de cor encontrada nas algas pode ser um indicativo do seu estado, pode igualmente estar relacionado com a intensidade de cheiro típico a alga.



**Figura 39 – Avaliação do atributo Cheiro das algas congeladas e desidratada. Valores médios  $\pm$  desvio padrão de 7 provadores**

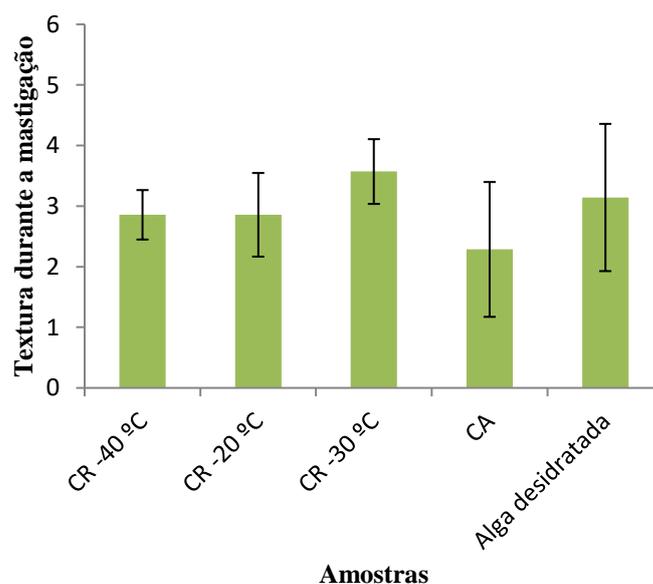
Na Figura 40 encontram-se os valores registados pelos provadores para a textura durante a primeira dentada. Estes valores são resultado do registo numa escala hedónica de 1 a 5 correspondendo a pouco e a muito dura, respectivamente. Os resultados estão de acordo com os que se obtiveram através da técnica experimental (Figura I-A). Aparentemente, a alga mais dura na primeira dentada é a desidratada que apresenta um valor de 3,71, no entanto a menos dura, é a congelada em abatedor com um valor de 2,29. Contudo, estes resultados não têm significado estatístico, visto  $p > 0,05$ . Resultados idênticos foram obtidos para as experiências com  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 3,14.



**Figura 40 – Avaliação do atributo Textura na primeira dentada das algas congeladas e desidratada. Valores médios  $\pm$  desvio padrão de 7 provadores**

Posteriormente avaliou-se a textura durante a mastigação. A apreciação utilizou a mesma escala que foi utilizada para a textura após primeira dentada.

Com a análise da Figura 41 verifica-se que a alga mais dura é a congelada em túnel a -30 °C visto apresentar um valor de 3,57, por outro lado a menos dura é a congelada em abatedor com um valor de 2,29. As amostras de alga congelada em túnel a -20 °C e a -40 °C são iguais, ou seja as duas amostras apresentam a mesma dureza durante a mastigação. Não obstante, como  $p > 0,05$  estes resultados não possuem significado estatístico.

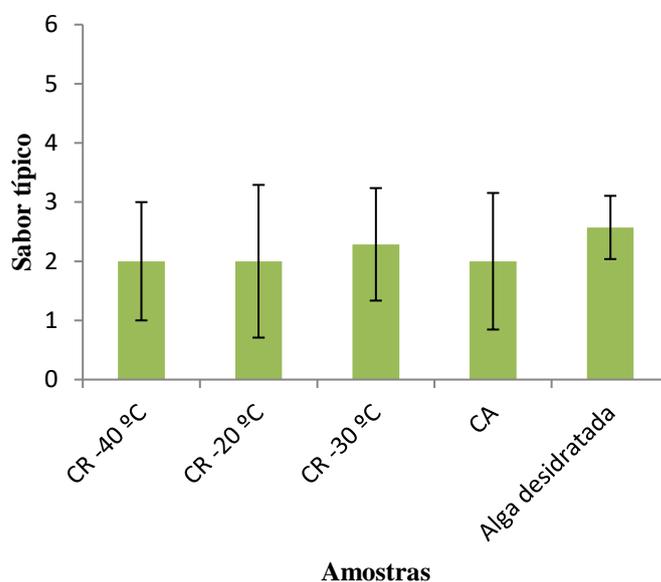


**Figura 41 – Avaliação do atributo Textura durante a mastigação das algas congeladas e desidratada. Valores médios  $\pm$  desvio padrão de 7 provadores**

Para finalizar, a análise sensorial à textura na mastigação, foi pedido ao provador que identificasse outro aspecto e o apreciase de pouco a muito com a escala de 1 a 5. Foram registados, pelos provadores, características como crocante e consistente.

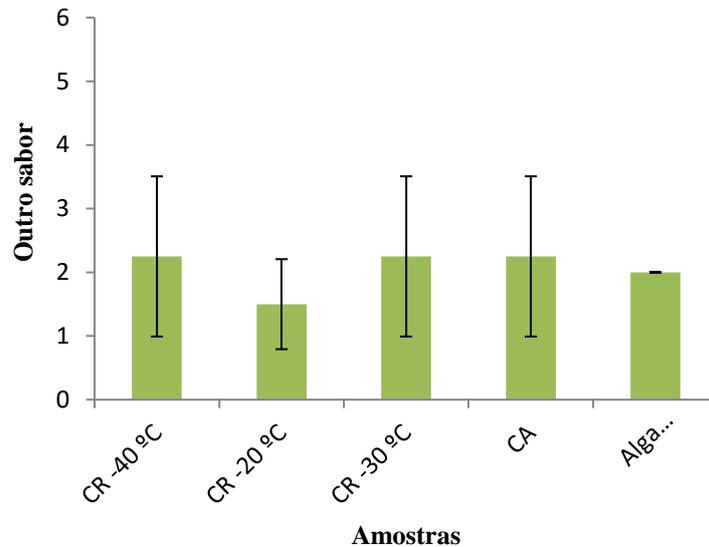
Na Figura 42 são apresentados os resultados referentes ao sabor típico e a outro sabor como amargo, doce, salgado e azedo o que poderia ser detectado pelos provadores.

No que diz respeito ao sabor típico verifica-se que a alga que apresenta um sabor típico mais evidente é a desidratada com um valor de 2,57 enquanto que a congelada em abatedor e congelada em túnel a -20 °C e a -40 °C são as que têm menos sabor típico. Com diferenças significativas ( $p>0,05$ ).



**Figura 42 – Avaliação do atributo Sabor típico das algas congeladas e desidratada. Valores médios  $\pm$  desvio padrão de 7 provadores**

A Figura 43 resulta da descrição de outro sabor encontrado nas algas (amargo, salgado, doce e sem sal). No entanto, os resultados obtidos não apresentam significado estatístico porque  $p>0,05$ .



**Figura 43 – Avaliação do atributo Outro sabor das algas congeladas e desidratada. Valores médios  $\pm$  desvio padrão de 7 provadores**

Com estes resultados apresentados conclui-se que o painel de provadores apresentam opiniões bastante dispersas, o que faz com que, de uma maneira geral, não se tenham notado diferenças entre os ensaios realizados com a alga congelada e desidratada.

Estes resultados demonstram que, muito provavelmente, existem diferenças significativas entre os provadores, o que resultou numa divergência de opiniões. De facto, estas diferenças podem ser devido à incorrecta utilização da escala da ficha de prova, alguma confusão dos provadores devido à forma de apresentação das amostras. Pode ainda este painel necessitar de um treino mais específico para este tipo de produtos.

Acrescenta-se ainda que a escolha da alga desidratada como referência pode não ter sido o mais indicado para o objectivo proposto neste trabalho, influenciando negativamente o provador.

#### 4.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA

De referir que se realizou apenas a análise estatística aos resultados obtidos na determinação da cor e textura, uma vez que a informação da análise sensorial não apresentou diferenças estatisticamente significativas.

Com os resultados apresentados anteriormente (subcapítulos anteriores) fez-se uma análise estatística às médias dos dados obtidos, de forma a possibilitar a interpretação

dos dados e, possivelmente encontrar correlações entre os parâmetros estudados na comparação das amostras submetidas a diferentes processamentos.

A análise de componentes principais (ACP) permite uma análise mais global dos resultados, sugerindo relações existentes entre cada amostra e indicando quais os parâmetros que melhor as caracterizam. O estudo realizado, nesta análise multivariada, revelou que as componentes mais importantes são a componente 1 e 2. O gráfico da Componente Principal 1 (CP1) versus Componente Principal 2 (CP2) (Figura 44) possibilita, de forma mais global, a observação dos dados. A CP 1 explica 64,41% (Tabela 10) da informação inicial, relacionando aspectos dos parâmetros de cor,  $L^*$  e  $a^*$ , dureza e energia de ruptura (Tabela 11, Figura 44a). Na CP 1, a coordenada  $a^*$ , a dureza e a energia de ruptura são explicadas no sentido positivo desta componente e no sentido oposto o parâmetro  $L^*$ . Pode observar-se uma tendência semelhante entre a dureza e a energia de ruptura, que aumentam no mesmo sentido do parâmetro  $L^*$  (Luminosidade) das algas. Na CP 2, que explica cerca de 25,46% da informação (Tabela 11) aparece com mais importância o parâmetro de cor  $b^*$ , que aumenta no sentido negativo desta componente.

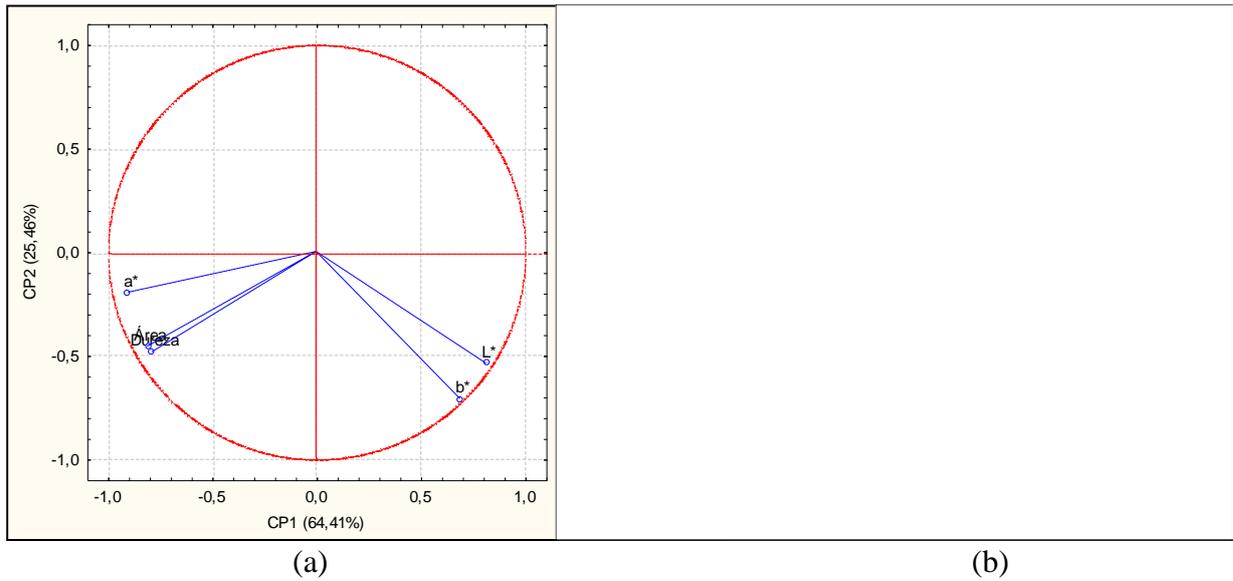
**Tabela 10 - Análise de componentes principais: matriz de valores próprios (*Eigenvalue*).**

	<i>Eigenvalue</i>	% Eigenvalue	Acumulado <i>Eigenvalue</i>	Acumulado %
<b>1</b>	3,221	64,413	3,221	64,413
<b>2</b>	1,273	25,458	4,494	89,871
<b>3</b>	0,256	5,111	4,749	94,982
<b>4</b>	0,201	4,017	4,950	99,000
<b>5</b>	0,050	1,000	5,000	100,000

**Tabela 11 - Análise de componentes principais e correlações entre os parâmetros (matriz de vectores próprios). Os valores assinalados a vermelham indicam a projecção na CP1 ou CP2.**

	CP 1	CP 2
<b>Parâmetro L*</b>	0,8144	-0,5386
<b>Coordenada a*</b>	-0,9004	-0,1968
<b>Coordenada b*</b>	0,6888	-0,7084
<b>Dureza</b>	-0,7857	-0,4831
<b>Área</b>	-0,8093	-0,4570

Através da Figura 44 é possível observar a projecção dos ensaios nas componentes principais 1 e 2, onde é visível o distanciamento entre as amostras de algas congeladas e algas desidratadas. Verifica-se que esta última se caracteriza no sentido em que a dureza é mais elevada, e a tendência para a cromaticidade aumenta no sentido da cor vermelha (parâmetro a\* mais elevados). Pelo contrário, as algas congeladas projectam-se no sentido de menor dureza e menor área, e no sentido do aumento da luminosidade, tal como esperado, pois o tipo de processamento, provavelmente permite a ruptura da matriz celular, tornando-a mais macia (menor dureza), mais acentuado no caso das algas sujeitas a congelação lenta.



**Figura 44 - a) Projecção dos parâmetros analisados nas componentes principais 1 e 2; b) Análise de componentes principais com projecção das amostras nas componentes principais 1 e 2. (CL- congelação lenta; CR-congelação rápida; CA-congelação em abatedor).**

## **5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**



No decorrer deste trabalho foi possível estudar o efeito da congelação nas algas, mais especificamente na *Laminaria ochroleuca*.

Iniciou-se o estudo com a recolha das algas na praia, posteriormente estas foram congeladas através de um túnel de congelação (-20 °C, -30 °C, -40 °C) com ventilação de 6,2 m/s, em abatedor com ventilação de 3,15 m/s e numa câmara de conservação, a -18 °C. De seguida foram estudados os efeitos da congelação na textura, na cor e no teor de cinzas.

A textura das algas foi determinada após 10 e 30 minutos de regeneração. A textura foi determinada através da energia de ruptura e da força. Conclui-se que a congelação diminuiu a dureza da alga, visto os valores da área independente do método de congelação são sempre inferiores ao valor da área da alga desidratada. Pode-se também concluir que quanto mais baixa a temperatura de congelação menor a área para as amostras regeneradas durante 10 minutos.

Quanto à força necessária para o corte das algas conclui-se que esta é menor para as algas congeladas. Com excepção da alga congelada em túnel a -20 °C e a alga desidratada quanto maior o tempo de regeneração maior a força necessária para o corte. Indicando que a alga endurece com o aumento do tempo de regeneração.

Pode-se assim concluir que o processo de congelação tem uma influencia bastante acentuada na dureza das algas, ou seja, quanto mais rápida a congelação menor a dureza da alga.

A cor das algas foi determinada através de colorimetria. Após a análise dos resultados pode-se concluir que as algas congeladas apresentam uma cor esverdeada, enquanto que a alga desidratada apresenta uma cor castanha.

Conclui-se que quanto menor o tempo de regeneração maior é o brilho das algas congeladas. A saturação é superior para as algas congeladas com regeneração de 10 minutos em relação à desidratada com o mesmo tempo de regeneração. Concluiu-se que a intensidade de coloração das algas congeladas é superior à da alga desidratada.

Após a análise do teor de cinzas para os vários ensaios verifica-se que a percentagem de cinzas é superior para a alga desidratada. Este facto não indica que a temperatura e os métodos de congelação interferem na quantidade de cinzas. De acordo com alguns autores verifica-se que a quantidade de cinzas nas algas depende da época do ano em

que a alga é colhida, visto que a quantidade de cinzas diminui com o decorrer do ano e depende do ano em questão.

Do treino de provadores, para a análise sensorial, concluiu-se que a alga desidratada apresenta-se com melhor cheiro, cor, sabor e textura após uma regeneração de 30 minutos.

Após a prova de análise sensorial concluiu-se que a alga congelada apresenta uma cor esverdeada, sendo a amostra congelada em túnel a -20 °C a mais verde. Concluiu-se também que as algas congeladas apresentam maior pigmentação em relação à desidratada. A alga mais dura durante o corte com a faca é a congelada a -30 °C e a menos dura é a congelada em abatedor. Quanto ao cheiro as algas congeladas têm menor cheiro que a alga desidratada. Quando se dá a primeira dentada nas algas conclui-se que a alga desidratada é mais dura que a congelada.

Com este trabalho conclui-se que o processo de ultra-congelação a -20 °C é uma alternativa ao processo de desidratação e que não influencia as características das algas estudadas neste trabalho.

Para confirmar esta alternativa de processo, seria conveniente fazer um estudo sobre a viabilidade económica da congelação numa empresa transformadora de peixe congelado e comparar com o processo de desidratação.

Como sugestão de trabalho futuro seria interessante estudar o efeito do processo de congelação noutras espécies de algas como *Chondrus crispus* (musgo da Irlanda) e *Himanthalia elongata* (esparguete do mar). Pois são algas com grande potencial de aplicabilidade e com elevada disponibilidade na região litoral Norte do País.

Também seria interessante estudar as condições de congelação para o desenvolvimento de um mix de algas congeladas e averiguar a aceitabilidade por parte dos consumidores não só de uma alga congelada, mas também do mix de algas congeladas.

Este trabalho estaria mais completo, com a caracterização nutricional das algas após o processo de congelação e regeneração.

## 6. BIBLIOGRAFIA



- ALVES, M.R.F.A. (1988); Improved utilization of seaweed with special reference to “*Fucus Serratus*”; School of Food studies Humberside College of Higher Education
- ANZALDUA-MORALES, A.; BRUSEWITZ, G.H.; ANDERSON, J. A. (1999); Pecan texture as affected by freezing rates, storage temperature and thawing rates; *Jornal of Food Science* 64, 332-335
- ARAÚJO, R., *et al.* (2009); Checklist of benthic marine algae and cyanobacteria of northern Portugal; 1ª edição; *Botanica Marina* 52, 24-46
- ARAÚJO, W. M. C.; *et al.* (2009); *Alquimia dos alimentos*; Editora Senac Distrito Federal; Brasília; Brasil
- ARDRÉ, F. (1970); Contribution à l'étude des algues marines du Portugal. I. La flore; *Port Act Biol.* 10(1-4): 1-423
- ARDRÉ, F. (1971) Contribution à l'étude de salgues marines du Portugal. II. Ecologie et chorologie; *Bull. Cent. Etude Rech. Sci. Biarritz* 8(3): 359-574
- BAI, Y.; RAHMAN, M. S.; PERERA, C. O.; SMITH, B.; MELTON, L. D. (2001); State diagram of apple slices: glass transition and freezing curves; *Food Research International* 34, 89-95
- BESADA, V.; ANDRADE, J. M.; SCHULTZE, F.; GONZÁLEZ, J. J. (2009); Heavy metals in edible seaweeds commercialised for humam consumption; *Jornal of Marine Systems* 75, 305-313
- BILLMEYER, F.W.; SALTZMANN, M. (1981); *Principles of color technology*; John Wiley & Son; New York
- BLACK, W. A. P. (1948a); The seasonal variation in chemical constitution of same the sub-littoral seaweed common to Scotthland Part II. *Laminaria digitata*; *The Jornal of the Society of chemical Industry*, 67 169-172
- BOCANEGRA, A., BASTIDA, S., BENEDÍ, J., RÓDENAS, S. e SÁNCHEZ-MUNIZ, F. J. (2009); Characteristics and nutritional and cardiovascular-health properties of seaweeds; *Journal of Medicinal Food*; 12(2); 236–258.

- CHANDINI, S. K., Ganesan, P., Suresh, P. V. e Bhaskar, N. (2008); Seaweeds as a source of nutritionally beneficial compounds—A review; *Journal of Food Science and Technology*; 45(1), 1–13.
- CHASSAGNE-BERCES, S. *et al.* (2009); Changes in texture, cellular structure and cell wall composition in apple tissue as a result of freezing; *Food research International* 42, 788-797
- CHEVALIER, D.; Le Bail, A.; Ghoul. M. (2000); Freezing and ice crystals formed in a cylindrical food model: Part I; Freezing at atmospheric pressure; *Jornal of food Engineering*
- COFRADES, S.; LÓPEZ-LOPÉZ, I.; SOLAS, M.T.; BRAVO, L.; JIMÉNEZ-COLMENERO, F. (2008); Influence of diferente tipos and proportions of added edible seaweeds on characteristics of low-salt gel7emulsion meat systems; *meat Science* 79, 767-776
- CONNOR, W. E. (2000); Importance of n-3 fatty acids in healt and diease; *American Journal of Clinical Nutrition*; 71(1), 171S – 175S
- CRANK, J. (1975); *The Mathematics of Diffusion*, 2ª Edição, Clarendon Press Oxford
- DAWCZYNSKI, C., Schubert, R., & Jahreis, G. (2007); Amino acids, fatty acids, and dietary fibre in edible seaweed products. *Food Chemistry*, 103(3), 891–899.
- DECRETO- LEI n.º 121/98 de 8 de Maio In Diário da República n.º 106 de 8 de Maio de 1998- I série)
- FARAG, R. S., El-Baroty, G. S., & Basuny, A. M. (2003); The influence of phenolic extracts obtained from the olive plant (cvs. Picual and Kronakii), on the stability of sunflower oil. *International Journal of Food Science and Technology*, 38(1), 81–87.
- FELLOWS, P. (2000); *Food Processing Technology – Principles and Praticce*; second edition, CRC Press, USA
- FISZMAN, S. (1989); Bases teóricas de la determinación de la textura de alimentos sólidos. *Curso de Textura Aplicada a Pães, Biscoitos e Massas Alimentícias*; p.1-11, ITAL.

- FLEURENCE, J. (1999); Seaweed proteins: biochemical, nutritional aspects and potential uses; *Trends in Food Science & Technology* 10, 25-28
- FLEURENCE, J.; GUTBIER, G.; MABEAU, S.; E LERAY, C. (1994); Fatty-acids from 11 marine macroalgae of the French Brittany Coast; *Journal of Applied Phycology*; 6(5-6); 527-532.
- GARCÍA, I.; CASTROVIEJO, R. E NEIRA, C. (1993) *Las algas en Galicia: alimentación y otros usos*; Xunta de Galicia; Coruña; 231 pp.
- GARZUEL, D. (2007); DORIS – Donnés d’Observations pour la Reconnaissance et l’identification de la faune et de la flore subaquatiques; disponível em: [http://doris.ffessm.fr/fiche2.asp?fiche\\_numero=1591](http://doris.ffessm.fr/fiche2.asp?fiche_numero=1591) consultado a: 4 de Setembro 2010
- GÓMEZ, F.; SJÖHOLM, I. (2004); Applying biochemical and physiological principles in the industrial freezing of vegetables: a case study on carrots; *Food Science & Technology* 15, 39-43
- GÓRAL, D.; KLUZA, F. (2009); Cutting test application to general assessment of vegetable texture changes caused by freezing, *Jornal of Food Engineering* 95, 346-351
- GUIRY, M.D. e BLUNDEN, G. (1991) *Seaweed resources in Europe: uses and potential*. Wiley, Chichester, xi, 432 pp.
- HAIYING, W.; SHAOZHI, Z.; GUANGMING, C. (2007); Experimental study on the freezing characteristic of four kinds of vegetables; *Science Direct LWT* 40; 1112-1116
- HEREDIA, A.; BARRERA, C.; ANDRE’S, A. (2007); Drying of cherry tomato by a combination of different dehydration techniques. Comparison of kinetics and other related properties. *Journal of Food Engineering* 80, 111-118.
- JIMÉNEZ-ESCRIG, A., JIMÉNEZ-JIMÉNEZ, I., PULIDO, R., E SAURA-CALIXTO, F. (2001); Antioxidant activity of fresh and processed edible seaweeds; *Journal of the Science of Food and Agriculture*; 81(5); 530-534.
- KAYMAK-ERTEKIN, F. (2002); Drying and rehydrating kinetics of green and red peppers; *Journal of Food Science*, vol. 67, nr 1.

- KEEY, R. B. (1975). *Drying: principles and practice*. Oxford: Pergamon.
- KIRANOUDIS, C. T.; MAROULIS, Z. B. E MARINOS - KOURIS, D. (1992); Drying kinetics of onions and green pepper; *Drying Technology*; 10(4), 995-1011.
- LEE, S. B., LEE, J. Y., SONG, D-G., PAN, C.-H., NHO, C. W., KIM, M. C., *et al.* (2008); Cancer chemopreventive effects of Korean seaweed extracts; *Food Science and Biotechnology*; 17(3); 613–622
- LEITE, J.B.; MANCINI, M.C.; BORGES, S.V. (2007); Effect of drying temperature on the quality of dried bananas cv. prata and d'água; *LWT* 40; 319–323.
- LENART, A.; (1996); Osmo-convective drying of fruit and vegetables technology and application; *Drying Technology*; 14 (2); 391-413.
- LESTER, E. J. (1995); Freezing effects on food quality; New York. Marcel Dekker Inc.
- LI, B.; SUN, DA-WEN (2002); Novel methods for rapid freezing and thawing of foods – a review; *Jornal of Food Engineering* 54, 175-182.
- LINDEBERG, M. R.; LINDSTROM, S. C. (2010); Field Guide to Seaweeds of Alaska; National Oceanic and Atmospheric Administration, Alaska
- LIU, B. L. (1996) Measurement of the glass transition temperature of foods ( $T'_g$ ) and experimental research on the vitrification preservation of strawberry. Dissertation for the degree of doctor of philosophy in engineering; Shanghai:East China University of Technology
- MARGARIS, D. P. e GHIAUS, A. G. (2007) Experimental study of hot air dehydration of Sultana grapes. *Journal of Food Engineering* 79, 1115–1121.
- MARTINS, C.G. (1993). *Oceanus 2.0*. Departamento de Programação e Gestão Financeira do Ministério da Educação, Lisboa. 41p.
- MASKAN, M. (2001). Kinetics of Colour Change of Kiwifruits during Hot Air and Microwave Drying. *Journal of Food Engineering* 48, 169-175.
- MCHUGH, D. J. (2003); A guide to the seaweed industry; FAO Fisheries Technical Paper 441
- MIYASHITA, K. e HOSOKAWA, M. (2008). Beneficial health effects of seaweed carotenoid, fucoxanthin. In C. Barrow & F. Shahidi (Eds.), *Marine*

- nutraceuticals and functional foods (pp. 297–320). Boca Raton, USA: CRC Press.
- MUJUMDAR, A.S. (2004); Role of IDS in promoting innovation and global R&D effort in drying technologies; In *Drying 2004; Proceedings of the 14<sup>th</sup> International Drying Symposium* (IDS 2004); São Paulo; Brazil; 22-25-August; vol A; 101-118
- NAYLOR, J. (1976); Production, Trade and Utilization of Seaweeds and Seaweed products; Food and Agriculture Organization of the United Nations; Roma
- OKOS, M. R., NARASIMHAN, G., SINGH, R. K., & WITNAUER, A. C. (1992). Food dehydration; In D. R. Hedman & D. B. Lund (Eds.), *Handbook of food engineering*; New York: Marcel Dekker.
- PEREIRA, L. (2004); Estudos em macroalgas carragenófitas (Gigartinales, Rhodophyceae) da costa portuguesa - aspectos ecológicos, bioquímicos e citológicos; Departamento de Botânica; Faculdade de Ciências e Tecnologia; Universidade de Coimbra
- PEREIRA, L. (2007); As Algas Marinhas e Respectivas Utilidades; Departamento de Botânica; Universidade de Coimbra
- PEREIRA, L. (2009); Guia ilustrado de macroalgas; Imprensa da Universidade de Coimbra
- PEREIRA, L. (2010) – A diversidade de macroalgas nos ecossistemas costeiros – Universidade de Coimbra
- PEREZ, R.; KAAS, R.; CAMPELLO, F.; ARBAULT, S. e BARBAROUX, O. (1992); La Culture des algues marines dans le monde; IFREMER, Plouzane, 613 pp.
- PIZZOLLA, P. (2008); Biodiversity & Conservation; Marlin – The Marine Life Information Network disponível em: <http://www.marlin.ac.uk/index.php> consultado a: 5 de Setembro 2010
- PRABHASANKAR, P.; GANESAN, P.; BHASKAR, N.; HIROSE, A.; STEPHEN, N.; GOWDA, L. R.; HOSOKAWA, M.; MIYASHITA, K. (2009); Edible Japanese seaweed, wakame (*Undaria pinnatifida*) as an ingredient in pasta: Chemical, functional and structural evaluation; Food Chemistry, 115, 501–508

- RAHMAN, M. S (1995); Food properties handbook, Florida: CRC Press
- RAHMAN, M. S. (1999); Glass transition and other structural changes in foods. In M.S. Rahman,; Handbook of food preservation (pp 75-93); New York; Marcel Dekker
- RAHMAN, M. S.; GUIZANI, N.; AL-KHASEIBI, M.; AL-HINAI, S. A.; AL-MASKRI, S. S.; AL-HAMHAMI, K. (2002); Analysis of cooling to determine the end point of freezing; Food Hydrocolloids 16, 653-659
- RAMESH, M.N.; WOLF, W.; TEVINI, D.; JUNG, G. (2001). Influence of processing parameters on the drying of spice paprika. *Journal of Food Engineering*, 49, 63-72.
- RÓDENAS, S.; ERGUETA, A.; SÁNCHEZ, F. J.; LARREA, M. T. (2002); Determinación de elementos mayoritarios em macroalgas procedentes de las costas de Galicia mediante espectrometria de emision atómica en plasma de acoplamiento inductivo; Universidade Complutense; Madrid
- RODRIGUES, A. C. C. (1999); Influência dos aditivos na obtenção de mamão desidratado osmoticamente; Campinas; 98p; Tese de Mestrado apresentada ao Departamento de Engenharia de Alimentos da FEA/UNICAMP.
- ROSS, Y. H.; KAREL, M. & KOKINI, J. L. (1996); Glass transitions in low moisture and frozen foods: effects on shelf life and quality; Food Technology, 50(11), 95-108
- RUDOLPH, B. (2000); Seaweed products: red algae of economic significance. In: R.E. MARTIN (Ed.) Marine & freshwater products handbook. Technomic Pub. Co., Lancaster, PA: 515-529.
- RUPÉREZ, P. (2002); Mineral content of edible marine seaweeds; Food Chemistry, 79, 23-26
- SÁA, C. F. (2002); Algas do atlântico – Alimento e Saúde; primeira edição; Algamar; Pontevedra
- SÁNCHEZ-MACHADO, D. I.; LÓPEZ-CERVANTES, J.; LÓPEZ-HERNÁNDEZ, J.; PASEIRO-LOSADA, P. (2004); Fatty acids, total lipid, protein and ash contents of processed edible seaweeds. Food Chemistry; 85(3), 439–444.

- SÁNCHEZ-MACHADO, D. I.; LÓPEZ-HERNÁNDEZ, J.; E PASEIRO-LOSADA, P. (2002); High-performance liquid chromatographic determination of alpha-tocopherol in macroalgae; *Journal of Chromatography a*, 976(1- 2), 277–284.
- SANZ, P. D.; DE ELVIRA, C.; MARTINO, M.; ZARITZKY, N.; OTERO, L.; CARRASCO, J. A. (1999); Freezing rate simulation as na aid to reduccing crystallization damage in foods; *Meat Science*, 52(3), 275-278
- SHI, J.; LE MAGUER, M.; KAKUDA, Y.; LIPTAY, A.; NIEKAMP, F. (1999). Lycopene Degradation and Isomerization in Tomato Dehydration, *Food Research International* 32, 15-21.
- SHIRATORI, K.; OHGAMI, I.; ILIEVA, X.; JIN, Y.; KOYAMA, K.; MIYASHITA, K., *et al.* (2005); Effects of fucoxanthin on lipopolysaccharide-induced inflammation in vitro and in vivo; *Experimental Eye Research*, 81(4), 422–428.
- SLADE, L. E LEVINE, H. (1995); Polymer science approach to water relationships in foods. In G. V. Barbosa – canovas & J. Welti-Chanes, *Food preservation by moisture control, fundamentals and applications*; pp 33-132; PA: Technomic Publishing Company
- SOBRAL, P. J. A. (1987); Secagem de sangue bovino incorporado a proteína texturizada de soja em leite fluidizado e em leite fixo. *Tese de mestrado. Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas.*
- SOUSA-PINTO, I. (1998); The seaweed resources of Portugal; In: A.T. CRITCHLEY e M. OHNO (Eds.) *Seaweed resources of the world*. Japan International Cooperation Agency, Yokosuka, pp 176-184.
- StatSoft, Inc.(2004); *Statistica (data analysis software system)*, version 7.
- THERKELSEN, G.H. (1993); Carrageenan. In: R.L. WHISTLER e J.N. BEMILLER (Eds.) *Industrial gums: polysaccharides and their derivatives*. Academic Press, San Diego: 145-180.

- UENO, S.; DO, G. S.; SAGARA, Y.; KUDOH, K.; HIGUICHI, T. (2004); Three-dimensional measurement of ice crystals in frozen dilute solution, *International Journal of Refrigeration*; 27(3); 302-308
- VEGA, A.; FITO, P.; ANDRE´S, A.; LEMUS, R. (2007). Mathematical modeling of hot-air drying kinetics of red bell pepper (var. Lamuyo) *Journal of Food Engineering* 79, 1460–1466.
- XANTHOPOULOS, G.; OIKONOMOU, N.; LAMBRINOS, G. (2007). Applicability of a single-layer drying model to predict the drying rate of whole figs, *Journal of Food Engineering*, doi: 10-1016
- ZEMKE-WHITE, W.L. E OHNO, M. (1999) World seaweed utilisation: An end-of-century summary. *Journal of Applied Phycology* 11, 369–376.

## APÊNDICE I



Apêndice I-A – Valores médios da Força para determinação da textura da alga

Amostra	Tempo de regeneração	Força média (N)	Desvio Padrão
<b>CR -20°C</b>	10	3,02	±1,09
	30	2,53	±0,72
<b>CR -30° C</b>	10	2,19	±0,80
	30	2,35	±0,66
<b>CR -40°C</b>	10	2,06	±0,70
	30	2,76	±0,59
<b>CA</b>	10	1,63	±0,40
	30	2,40	±0,57
<b>CL</b>	10	1,95	±0,58
	30	2,67	±0,13
<b>Alga desidratada</b>	10	3,50	±0,40
	30	3,36	±0,18

Apêndice I-B - Valores médios da Área para determinação da textura da alga

Amostra	Tempo de regeneração	Área média (N/s)	Desvio padrão
<b>CR -20°C</b>	10	14,34	±5,90
	30	13,46	±8,03
<b>CR -30° C</b>	10	11,51	±3,91
	30	11,59	±8,03
<b>CR -40°C</b>	10	8,29	±2,97
	30	13,10	±4,23
<b>CA</b>	10	7,13	±1,29
	30	11,89	±3,52
<b>CL</b>	10	8,99	±2,65
	30	12,97	±2,16
<b>Alga desidratada</b>	10	18,38	±1,08
	30	36,11	±4,49

Apêndice I-C – Valores para determinação da humidade das algas

Amostra	Peso do cadinho (g)	Peso da amostra (g)	Peso cadinho c/ amostra (g)	Amostra após secagem (g)	Percentagem de cinzas
<b>CR-20 °C</b>	2,6235	3,8141	3,3259	0,7024	82%
<b>CR-30 °C</b>	2,6209	4,426	3,7158	1,0949	75%
<b>CR-40 °C</b>	2,6143	2,1047	3,0024	0,3881	82%
<b>CA</b>	2,6347	4,1087	3,417	0,7823	81%
<b>CL</b>	2,6239	1,8815	2,964	0,3401	82%

Apêndice I-D – Valores médios para determinação do teor de cinzas das algas

Amostra	% cinzas sem humidade	Média % de cinzas	Desvio padrão
<b>CR-20 °C</b>	$\frac{17,58}{20,90}$	19,24	2,35
<b>CR-30 °C</b>	$\frac{24,83}{23,78}$	24,31	0,74
<b>CR-40 °C</b>	$\frac{25,16}{20,81}$	22,98	3,07
<b>CA</b>	$\frac{18,61}{20,57}$	19,59	1,38
<b>CL</b>	$\frac{23,89}{21,17}$	22,53	1,92
<b>Algas desidratadas</b>	$\frac{33,10}{38,17}$	35,64	3,59

**Apêndice I-E – Valores médios dos atributos determinados na análise sensorial**

Amostra	Cor		Brilho		Pigmentação		Elasticidade		Dureza		Cheiro		Primeira dentada		Durante a mastigação		Outro aspecto		Sabor típico		Outro sabor	
	média	dp	Média	dp	média	dp	média	dp	média	dp	média	dp	média	dp	média	dp	média	dp	Média	dp	média	dp
<b>CR -20 °C</b>	2,33	1,37	3,00	1,00	2,71	0,76	3,14	1,21	3,14	0,90	2,29	0,76	2,57	1,27	2,86	0,69	3,00	1,41	2,00	1,29	1,50	0,71
<b>CR -30 °C</b>	2,71	1,60	3,00	1,53	2,86	0,90	3,29	1,11	4,00	0,82	2,43	0,98	3,14	0,69	3,57	0,53	4,00	0,00	2,29	0,95	2,25	1,26
<b>CR -40 °C</b>	3,00	1,41	3,00	1,41	3,00	1,41	3,14	1,07	3,14	1,46	2,86	0,41	3,14	0,45	2,86	0,41	3,50	2,12	2,00	1,00	2,25	1,26
<b>CA</b>	2,57	1,51	2,57	1,40	2,57	1,27	3,00	1,15	2,43	0,98	2,71	0,76	2,29	0,76	2,29	1,11	4,00	0,00	2,00	1,15	2,25	1,26
<b>Alga desidratada</b>	2,71	1,11	3,43	0,98	2,43	1,13	2,86	0,38	3,57	0,79	3,71	0,76	3,71	0,76	3,14	1,21	4,00	1,41	2,57	0,53	2,00	0,00

**Apêndice I-F – Codificação das amostras para análise sensorial**

<b>Amostra</b>	<b>Código</b>
<b>CR -20 °C</b>	<b>Y</b>
<b>CR -30 °C</b>	<b>Z</b>
<b>CR -40 °C</b>	<b>T</b>
<b>CA</b>	<b>X</b>
<b>Alga desidratada</b>	<b>Referência</b>

## APÊNDICE II



A partir dos gráficos da temperatura versus tempo de congelamento foi possível calcular as taxas de arrefecimento até 0 °C e taxa de congelamento até -18 °C da alga nos ensaios realizados no túnel de congelamento e no abatedor de temperatura, o desvio padrão (DP) e o coeficiente de correlação ( $r^2$ ). Os resultados obtidos encontram-se nas Tabelas e Figuras seguintes.

**Tabela II a – Valores das taxas de arrefecimento até 0°C para os 1º e 2º ensaios realizados no túnel de congelamento e no abatedor de temperatura, e respectivas médias, desvio padrão (DP) e coeficiente de correlação ( $r^2$ ).**

Ensaio	Taxa de arrefecimento				$r^2$		
	1º ensaio	2º ensaio	Média	DP	1º ensaio	2º ensaio	Média
<b>CR-20 °C</b>	-0,409	-0,525	-0,467	0,082	0,916	0,855	0,885
<b>CR-30 °C</b>	-0,247	-0,306	-0,276	0,041	0,992	0,999	0,996
<b>CR-40 °C</b>	-0,288	-0,278	-0,283	0,007	0,987	0,998	0,992
<b>CA-40 °C</b>	-0,155	-0,087	-0,121	0,048	0,949	0,997	0,973

**Tabela II b – Valores das taxas de congelamento até -18°C para os 1º e 2º ensaios realizados no túnel de congelamento e no abatedor de temperatura, e respectivas médias, desvio padrão (DP) e coeficiente de correlação ( $r^2$ ).**

Ensaio	Taxa de congelamento				$r^2$		
	1º ensaio	2º ensaio	Média	DP	1º ensaio	2º ensaio	Média
<b>CR-20 °C</b>	-0,242	-0,128	-0,185	0,081	0,995	0,997	0,996
<b>CR-30°C</b>	-0,155	-0,090	-0,122	0,046	0,996	0,996	0,996
<b>CR-40°C</b>	-0,321	-0,366	-0,343	0,032	0,999	0,952	0,976
<b>CA</b>	-0,089	-0,031	-0,060	0,041	0,990	0,955	0,973