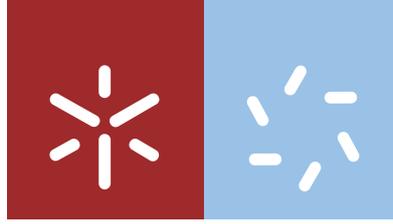


**Universidade do Minho**  
Escola de Ciências

Hugo Rafael Soares Ferreira

**Importância das macroalgas marinhas  
como habitat para os macroinvertebrados  
da zona entre marés**

janeiro de 2017



**Universidade do Minho**  
Escola de Ciências

Hugo Rafael Soares Ferreira

**Importância das macroalgas marinhas  
como habitat para os macroinvertebrados  
da zona entre marés**

Dissertação de Mestrado  
Mestrado em Ecologia

Trabalho realizado sob orientação do  
**Professor Doutor Pedro Alexandre Teixeira Gomes**

## Declaração

**Nome:** Hugo Rafael Soares Ferreira

**Endereço eletrónico:** hug\_rafa@hotmail.com

**Número do Bilhete de Identidade:** 14318689

**Título da dissertação:** Importância das macroalgas marinhas como habitat para os macroinvertebrados da zona entre marés

**Orientador:** Professor Doutor Pedro Alexandre Teixeira Gomes

**Ano de conclusão:** 2017

**Designação do Mestrado:** Mestrado em Ecologia

É autorizada a reprodução integral desta dissertação apenas para efeitos de investigação, mediante declaração escrita do interessado, que a tal se compromete.

Universidade do Minho, \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

(Hugo Rafael Soares Ferreira)

## **Agradecimentos**

Uma vez que sem elas não teria sido possível concluir com sucesso mais uma etapa do meu percurso acadêmico não poderia deixar de agradecer a todas as pessoas que me acompanharam ao longo desta etapa.

Ao Professor Doutor Pedro Alexandre Teixeira Gomes, por toda a ajuda prestada, tanto em trabalho de campo como na escrita desta dissertação, por todo o conhecimento transmitido e pela oportunidade de realizar este trabalho sob sua orientação.

Ao Professor Doutor José Carlos Carvalho, pela indispensável ajuda no tratamento estatístico e aconselhamento.

Aos meus colegas de laboratório e amigos Catarina Alves e André Paiva, por todo o auxílio prestado no trabalho de campo, pela companhia e boa disposição neste percurso, tornando os momentos mais frustrantes e de longas horas de trabalho mais toleráveis e animados.

Aos meus colegas mais velhos, autênticos “irmãos mais velhos”, Fábio Faria, Marisa Gomes e Susana Pereira, que me aconselharam e ajudaram sempre que possível, com a sua experiência, principalmente nos momentos mais desanimadores da escrita desta dissertação e claro pela sua indispensável amizade.

A todos os meus amigos que ao longo destes anos, me proporcionaram os momentos mais felizes da minha vida e me motivaram sempre a dar o meu melhor, mesmo quando “desaparecia” por longos períodos de tempo. Por não se esquecerem de mim e se manterem sempre disponíveis.

À Regina Neto, por apesar de tudo ser quem mais me permite sorrir e ultrapassar as dificuldades.

À minha irmã Inês Ferreira que apesar da sua idade conseguiu ter a maturidade para ajudar o seu irmão mais velho quando ele mais precisou.

Aos meus pais, que ao longo da minha vida apenas exigiram o meu melhor e nunca menos, sem me julgarem ou deixarem de apoiar, independentemente das minhas escolhas, fazendo os possíveis e impossíveis para tornar tudo o que tenho na vida possível. Sem diminuir o fantástico papel da minha mãe um especial obrigado ao meu pai, Alfredo Ferreira, cuja personalidade e forma de encarar a vida me inspirou a ser tudo o que sou hoje e a encontrar a paixão pelo planeta Terra e todos seus habitantes.

Espero que tenham orgulho neste trabalho. O meu mais sincero obrigado a todos!



# **Importância das macroalgas marinhas como habitat para os macroinvertebrados da zona entre marés**

## **Resumo**

No limite superior do subtidal das costas rochosas temperadas, as macroalgas são um elemento conspícuo da paisagem. Apesar das diferenças entre espécies, as macroalgas podem ser agrupadas pela forma como estas contribuem para a complexidade do ambiente. Os grandes “kelp”, são considerados formadores de habitat, uma vez que estes criam um complexo habitat em águas pouco profundas para um significativo número de animais, especialmente peixes. As algas mais pequenas, apesar da sua contribuição ser mais modesta, podem também ser extremamente importantes para pequenos invertebrados, como crustáceos, anelídeos, moluscos e até mesmo larvas de peixe. O papel destas algas como formadores de habitat, encontra-se relacionada com a complexidade da sua fronde, onde algas foliosas irão oferecer mais espaço para fixação do que algas compactas ou lineares.

Neste trabalho, três espécies com diferentes estruturas de fronde, *Cystoseira tamariscifolia* (Alga castanha - Phaeophyta), *Chondrus crispus* (Alga vermelha - Rhodophyta) e *Codium tomentosum* (Alga verde - Chlorophyta), foram amostradas de forma a estudar-se a macrofauna de invertebrados associada. Os resultados obtidos permitem entender os efeitos da estrutura do fronde, na diversidade e riqueza de macroinvertebrados, da franga intertidal inferior das costas rochosas do Atlântico e ainda reafirmar o papel de *Cystoseira tamariscifolia* como espécie formadora de habitat.

Através da identificação da macrofauna associada, obteve-se uma matriz de dados, sobre a qual foram efetuadas análises aglomerativas (análise hierárquica e NMDS), que permitiram a separação das amostras em três grupos distintos: *Cystoseira tamariscifolia*, *Codium tomentosum* e *Codium tomentosum*, demonstrando que a estrutura das macroalgas influencia a sua macrofauna associada. Devido às diferenças significativas entre amostras e sobressaindo *Cystoseira tamariscifolia* com valores significativamente superiores, quer ao nível da abundância como da riqueza de espécies associadas, é possível reforçar o papel desta espécie como formadora de habitats.

**Palavras-chave:** Macroalgas; Formadores de habitat; *Cystoseira tamariscifolia*; *Codium tomentosum*; *Chondrus crispus*; Macrofauna; Estrutura da fronde; Zona intertidal; Praias rochosas.



# The role of the marine algae canopy structure on the colonization by benthic macroinvertebrates

## Abstract

In the upper subtidal limit of temperate rocky shores, macroalgae are a conspicuous element in the shore landscape. In spite of the differences between species, macroalgae can be grouped by the way they contribute to the structural complexity of the environment. Big kelps are considered habitat builders, as they create complex habitat in shallow waters for a significant number of animals, namely fishes. Smaller algae, although its contribution being more modest, can also be of paramount importance for small invertebrates, such as small crustaceans, annelids, molluscs and even fish larvae. The role of this algae as habitat builders is related with the complexity of the canopy. Foliose algae will offer more space for settlement than compact or linear type algae.

In this work, three species with different canopy structure, *Cystoseira tamariscifolia* (Brown Algae - Phaeophyta), *Chondrus crispus* (Red Algae - Rhodophyta) and *Codium tomentosum* (Green Algae - Chlorophyta) were sampled in order to study the macroinvertebrate fauna associated with them. The results obtained allows for the enlightenment of the effect of the canopy structure on the macroinvertebrates richness and diversity of the lower intertidal fringe on Atlantic rocky shores.

Through the identification of the macrofaunal associated to the highest detail possible, it was obtained a data matrix used in Similarity analyses (Cluster and NMDS). The results showed the separation of the sampling in three distinct groups: *Cystoseira tamariscifolia*, *Codium tomentosum* e *Codium tomentosum*. Indicating that the macroalgae canopy structure influences the macrofauna associated to the algae.

Due to the significant differences between samples, with *Cystoseira tamariscifolia* having significantly higher levels of abundance and richness of associated species, the role of this species of macroalgae is reaffirmed as a habitat builder.

**Keywords:** Macroalgae; Habitat builders; *Cystoseira tamariscifolia*; *Codium tomentosum*; *Chondrus crispus*; Macrofauna; Canopy structure; Intertidal zone; Rocky beaches.



# Índice

Declaração.....	ii
Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vii
Índice.....	ix
Índice de figuras.....	xi
Índice de tabelas.....	xiii
1. Introdução.....	3
1.1. As zonas costeiras.....	3
1.2. Características da costa portuguesa.....	4
1.3. Zona intertidal.....	6
1.4. Espécies formadoras de habitat.....	7
1.5. Macroalgas.....	8
1.6. Principais espécies de macroalgas formadoras de habitat.....	10
1.7. Caracterização estrutural das macroalgas.....	11
1.8. Objetivos gerais.....	12
2. Materiais e Métodos.....	17
2.1. Espécies em estudo.....	17
2.1.1. <i>Codium tomentosum</i> .....	17
2.1.2. <i>Chondrus crispus</i> .....	18
2.1.3. <i>Cystoseira tamariscifolia</i> .....	19
2.2. Área de estudo e local de amostragem.....	20
2.3. Procedimento.....	21
2.4. Análise estatística.....	22
3. Resultados.....	27
3.1. Riqueza, abundância, dominância e equitabilidade.....	27
3.2. Modelos lineares generalizados.....	28
3.3. Análise de dissimilaridade.....	29
3.4. Análise SIMPER.....	31
3.5. Diversidade funcional.....	33
4. Discussão.....	37

4.1. Conclusões .....	43
4.2. Considerações finais .....	43
5. Bibliografia .....	47

## Índice de figuras

<b>Figura 1:</b> Subdivisões biogeográficas da zona oriental do Oceano Atlântico (reproduzido de Afonso et al., 2000).	4
<b>Figura 2:</b> Representação de um afloramento costeiro (adaptado de Wallace & Vogel, 1994).	5
<b>Figura 3:</b> Mapa tipológico da costa Portuguesa. Fonte(adaptado): “jpmdesign” ( <a href="http://jpmdesign.pt/images/portfolio/modal/m-coast.jpg">http://jpmdesign.pt/images/portfolio/modal/m-coast.jpg</a> ).	6
<b>Figura 4:</b> Representação da Zonação litoral, com fauna e flora características de cada zona (adaptado de Carey, 2010).	7
<b>Figura 5:</b> Vista geral do local de amostragem, Praia da Gelfa – Viana do Castelo.	10
<b>Figura 6:</b> Descrição morfológica de uma macroalga (adaptado de Pereira, 2009).	11
<b>Figura 7:</b> Talo laminar de <i>Petalonia fásia</i> . Fonte: “Asturnatura” ( <a href="https://www.asturnatura.com/especie/petalonia-fascia.html">https://www.asturnatura.com/especie/petalonia-fascia.html</a> ).	12
<b>Figura 8:</b> Talos cilíndricos ou achatados. Fonte: Universidade de Sevilha. ( <a href="http://www.aloj.us.es/carronzar/algas/Biologia_Marina.html">http://www.aloj.us.es/carronzar/algas/Biologia_Marina.html</a> ).	12
<b>Figura 9:</b> Ramificação dicotômica, <i>Dictyota dichotoma</i> . Fonte: Universidade dos Açores ( <a href="http://www.horta.uac.pt/species/newSite/Algae/Dictyota_dichotoma.html">http://www.horta.uac.pt/species/newSite/Algae/Dictyota_dichotoma.html</a> ).	12
<b>Figura 10:</b> Exemplar de <i>Codium tomentosum</i> .	18
<b>Figura 11:</b> Exemplar de <i>Chondrus crispus</i> .	19
<b>Figura 12:</b> Espécime da macroalga <i>C. tamariscifolia</i> , onde é possível observar a iridescência característica do género.	20
<b>Figura 13:</b> Praia da Gelfa, local de amostragem deste estudo em Viana do Castelo.	21
<b>Figura 14:</b> Análise de agrupamentos (Cluster) das macroalgas amostradas, utilizando a distância de BrayCurtis sobre a matriz de composição de espécies para cada macroalga.	30
<b>Figura 15:</b> Representação do NMDS obtido numa matriz de distância entre as 22 amostras utilizando o índice de BrayCurtis como medida de similaridade.	30
<b>Figura 16:</b> Riqueza de espécies e abundância nas três macroalgas.	37
<b>Figura 17:</b> Abundância e número de espécies de cada filo para cada espécie de macroalga.	38
<b>Figura 18:</b> Índices de diversidade e de equitabilidade de Simpson.	40



## Índice de tabelas

<b>Tabela 1:</b> Valores de riqueza e abundância total para cada espécie de alga estudada.....	27
<b>Tabela 2:</b> N° total de espécies e abundância média em cada uma das algas amostradas, distribuídos pelos respectivos Filos.....	27
<b>Tabela 3:</b> Índices de diversidade e equitabilidade.....	28
<b>Tabela 4:</b> Exclusividade e partilha de espécies, entre as diferentes espécies em estudo.....	28
<b>Tabela 5:</b> Comparação de médias logaritimizadas, da riqueza de espécies observada nas diferentes espécies de macroalgas.....	29
<b>Tabela 6:</b> Comparação de médias logaritimizadas, da abundância total observada nas diferentes espécies de macroalgas.....	29
<b>Tabela 7:</b> Comparação de médias logaritimizadas do Índice de Simpson(IS), observado nas diferentes espécies de macroalgas.....	29
<b>Tabela 8:</b> Comparação de médias logaritimizadas do Índice de Equitabilidade( $I_{s_{eq}}$ ), observado nas diferentes espécies de macroalgas.....	29
<b>Tabela 9:</b> Resultados da análise SIMPER levada a cabo sobre a matriz macroalgas x espécies. Contr – contribuição média de cada espécie para a dissimilaridade total. Av.Cod - abundância média da espécie na alga Codium; Av.Chon - abundância média da espécie na alga Chondrus ; Cum%– percentagem da contribuição média de cada espécie para a dissimilaridade total.....	31
<b>Tabela 10:</b> Resultados da análise SIMPER levada a cabo sobre a matriz macroalgas x espécies. Contr – contribuição média de cada espécie para a dissimilaridade total. Av.Cod - abundância média da espécie na alga Codium; Av.Cyst - abundância média da espécie na alga Cystoseira ; Cum%– percentagem da contribuição média de cada espécie para a dissimilaridade total.....	32
<b>Tabela 11:</b> Resultados da análise SIMPER levada a cabo sobre a matriz macroalgas x espécies. Contr – contribuição média de cada espécie para a dissimilaridade total. Av.Chon - abundância média da espécie na alga Chondrus; Av.Cyst - abundância média da espécie na alga Cystoseira ; Cum%– percentagem da contribuição média de cada espécie para a dissimilaridade total.....	32
<b>Tabela 12:</b> Diversidade funcional, relativamente aos traços alimentares da comunidade associada a cada espécie de macroalga. Os valores são expressos em percentagens.....	33



# **1. Introdução**

---



## **1. Introdução**

Um dos maiores desafios e principais objetivos da ecologia é determinar e compreender as causas subjacentes às alterações de uma população ou comunidade ecológica, podendo estas ocorrer ao longo do espaço e do tempo (Horner-Devine et al., 2007). Tenta-se então perceber, por exemplo, o que levou a alterações da sua riqueza, estrutura ou até mesmo da relação entre a sua composição específica e abundância relativa (Rosenzweig, 1995; Hawkins, 2001). Através de vários estudos ecológicos, atribuem-se essas variações a fatores que podem ser desde origem biológica (ex.: competição e recrutamento) a fatores físico-químicos ou ambientais (ex.: propriedades hidrodinâmicas e disponibilidades de nutrientes) (Hoffmann & Blows, 1994). O maior desafio passa por perceber, para cada caso específico, qual o fator limitante de maior influência e quantificar a influência de cada fator na comunidade ecológica ou população (Dunson & Travis, 1991; Menge & Sutherland, 1987).

### **1.1. As zonas costeiras**

Os oceanos cobrem cerca de 362 milhões km<sup>2</sup> da superfície da Terra (71%), uma área duas vezes e meia maior que a área terrestre. Caso se considere todo o espaço possível para a existência de vida nos oceanos, observamos 300 vezes mais espaço habitável do que na combinação dos ambientes terrestres e de água doce (Hesse et al., 1937; Spilhaus, 1942).

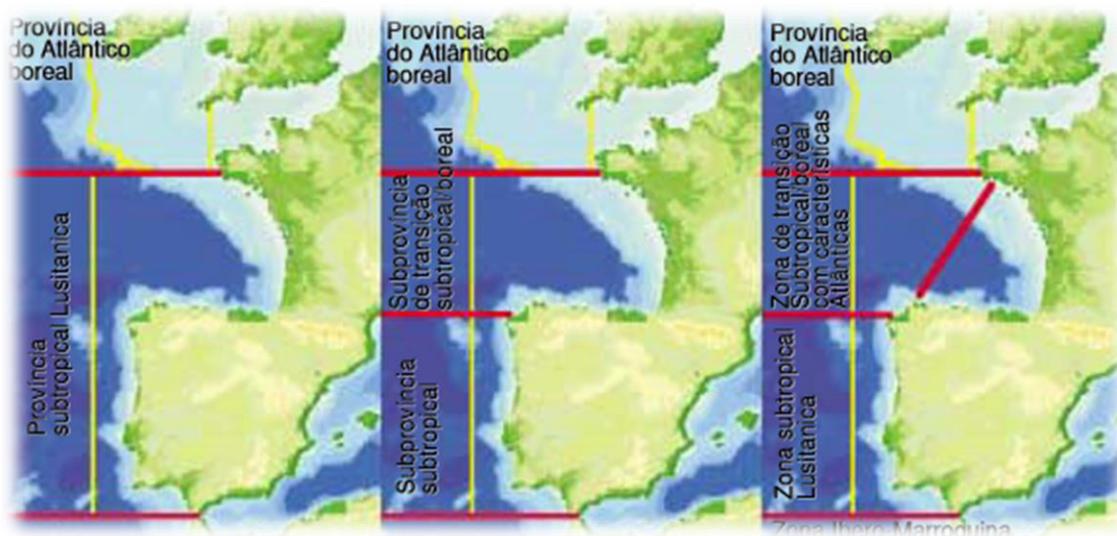
Da extensa área oceânica, destacam-se com interesse para este trabalho as zonas costeiras. Definindo-se como a interface entre o domínio marinho e o domínio terrestre, estas zonas encontram-se compreendidas entre o limite da plataforma continental (que se encontra entre uma distância de terra variável e os 200 metros de profundidade) e o limite dos terrenos emersos desde a última transgressão marinha (CMIA, 2012; Clark, 1995)

Num contexto geral os ecossistemas costeiros resultam principalmente da combinação de um conjunto de fatores climáticos, topográficos e evolutivos, resultantes da interação existente entre os oceanos, as zonas continentais e atmosfera, ao longo do tempo. Com base nestes fatores é possível delimitar áreas biogeográficas distintas (bem como subáreas) e ainda, caso se tenha em consideração tanto as características bióticas como abióticas, definirmos essas áreas de acordo com padrões de composição florística e faunística, característicos de cada uma delas (Pereira, 2004).

No Oceano Atlântico, mais propriamente na sua margem europeia, existe de norte para sul, um gradiente acentuado de temperatura, o que provoca um restringimento da distribuição de

várias espécies. É possível assim idealizar uma subdivisão biogeográfica em duas províncias distintas, denominadas por: província do Atlântico boreal e a província Lusitânica (Luning, 1990; Afonso et al., 2000).

Na província subtropical “Lusitânica”, estendida entre a costa da Bretanha (França) e a costa ocidental Ibérica, existem ainda diferenças climáticas significativas assim como de composição de fauna e flora. Subdivide-se então esta província em subprovíncia de transição subtropical/boreal (delimitada entre o cabo de Finisterra e a Bretanha) e subtropical (delimitada entre o estreito de Gibraltar até ao cabo de Finisterra) (Afonso et al., 2000; Lima, 2013).



**Figura 1:** Subdivisões biogeográficas da zona oriental do Oceano Atlântico (reproduzido de Afonso et al., 2000).

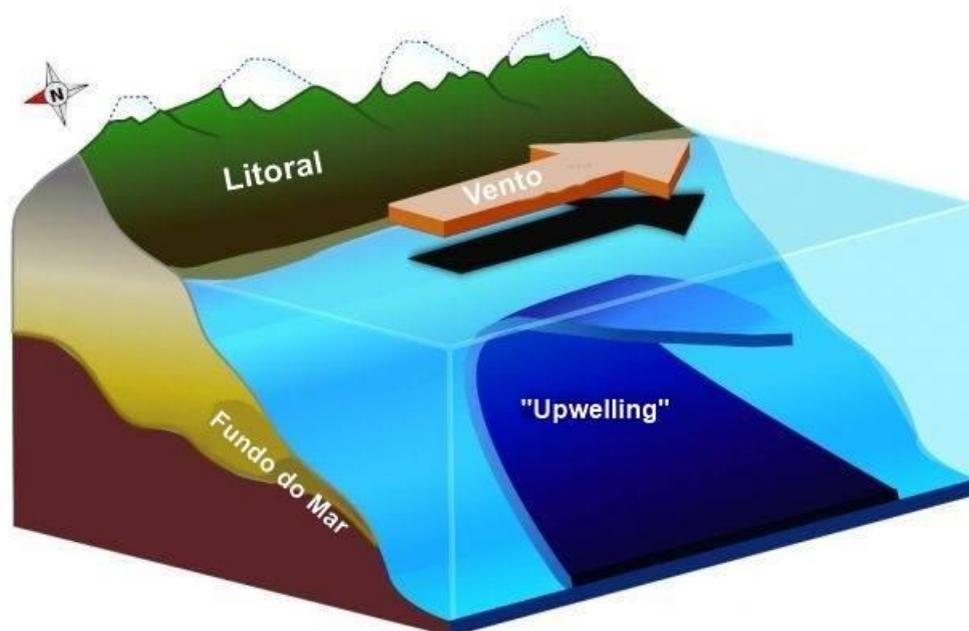
## 1.2. Características da costa portuguesa

Na zona subtropical “Lusitânica” localiza-se Portugal Continental, país que ocupa a maior parte do sudoeste da Península Ibérica (latitudes entre os 37 e 42° N), pertencente ao sudoeste Europeu e que possui um clima costeiro bastante peculiar (Sousa-Pinto, 1998). Essa peculiaridade deve-se principalmente ao facto de ocorrer uma mistura das águas do Oceano Atlântico com águas mais quentes do Norte de África e Mediterrâneo, havendo uma dominância da primeira no sector norte do país e da segunda no sector sul (Martins et al., 1993).

O mar que banha a costa portuguesa possui uma temperatura superficial diferente de Norte para Sul, oscilando no Inverno entre os 14°C no Norte e no Sul os 16,5°C, já no Verão, as temperaturas das águas sobem para oscilações entre os 18°C no Norte e os 22°C no Sul (Lemos & Pires, 2004). Durante a primavera/verão, a zona Norte de Portugal caracteriza-se por águas frias e turvas, que se devem principalmente aos ventos fortes e às condições variáveis específicas deste litoral (temperatura, salinidade, morfologia do litoral e correntes marinhas). São estas

características que permitem entre março e outubro, a ocorrência de um fenómeno bastante importante para o aumento da produtividade (Sousa-Pinto & Araújo, 2006).

Este fenómeno, chamado de “*upwelling*” (Peliz et al., 2002), é um afloramento que enriquece as águas superficiais com nutrientes, provenientes da ascensão de águas frias do fundo do oceano, ricas em minerais. Este afloramento surge em resposta aos ventos de quadrante norte que sopram ao longo da costa, em direção ao equador (Coelho et al., 1999; Coelho et al., 2002; Martins, 1993).



**Figura 2:** Representação de um afloramento costeiro (adaptado de Wallace & Vogel, 1994).

No que toca à salinidade na costa portuguesa, os seus níveis dependem da maior ou menor proximidade das fontes de água doce existentes, variando entre os 35 e 26‰ de salinidade (Sousa-Pinto, 1998; Sousa-Pinto & Araújo, 2006).

No litoral português, a circulação da água do mar ao longo da costa Atlântica Ibérica é predominantemente de Sul para Norte, com uma velocidade média de  $16 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$  e é principalmente influenciado por duas correntes (Martins, 1993). No Norte surge durante o verão uma corrente, com um fluxo bastante forte no sentido Sul ( $12 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ ), denominada por corrente das Canárias que se origina a partir de um ramo da Corrente do Golfo. Em contrapartida, no Inverno surge a corrente dos Açores originada no litoral Sul, que por sua vez determina a circulação de Oeste para Este (Martins, 1993; Pereira, 2004; Sousa-Pinto & Araújo, 2006).

No que diz respeito à morfologia da costa portuguesa, esta, é marcada pela existência de vários cabos e praias rochosas separadas por grandes extensões de areia, muitas delas ricas em

algas (Lewis, 1964). São estas características biogeográficas peculiares do litoral português continental, fortemente influenciadas por uma grande diversidade climática, que permitem uma grande riqueza biológica (tanto de flora como de fauna), ao longo dos seus cerca de 830 km de faixa costeira (Braun-Blanquet et al., 1973).



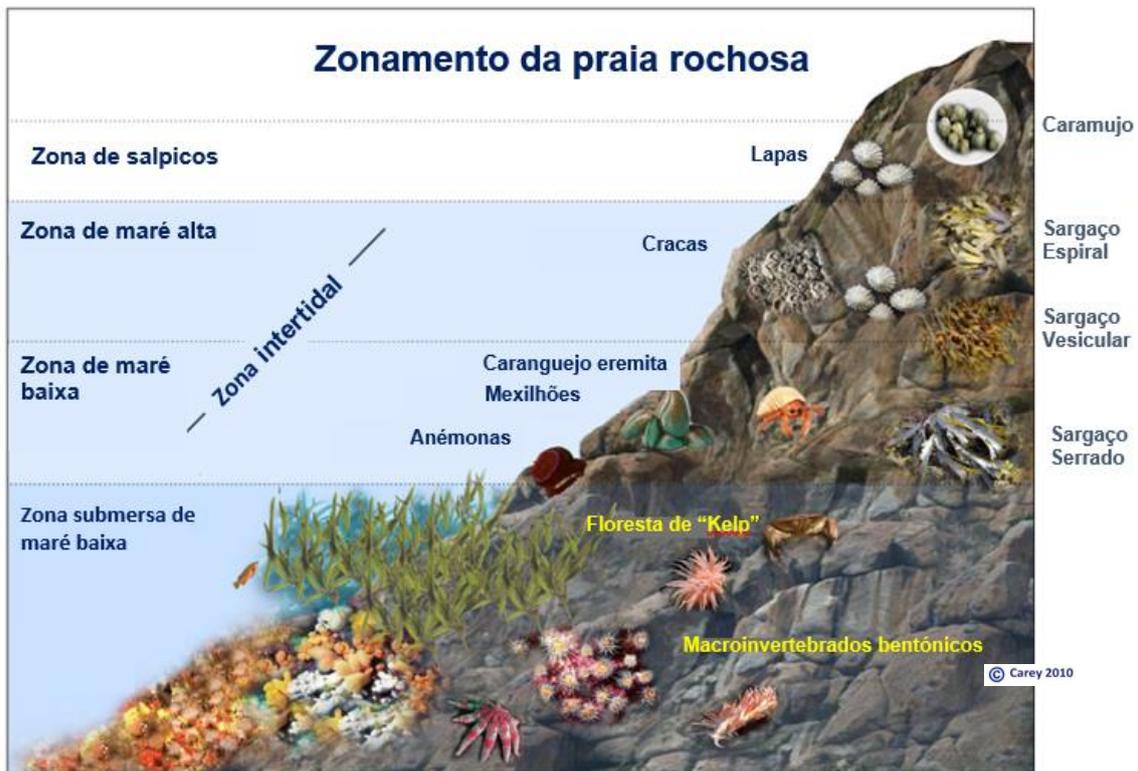
**Figura 3:** Mapa tipológico da costa Portuguesa. Fonte(adaptado): “jpmndesgin” (<http://jpmndesgin.pt/images/portfolio/modal/m-coast.jpg>).

### 1.3. Zona intertidal

A zona entre marés (ou zona intertidal) faz a transição entre o domínio terrestre e o domínio marinho. Este biótopo de elevado interesse biológico, encontra-se sujeito à influência da maré alta e da maré baixa (Nybakken, 2001; Thompson et al., 2002). Nesta zona, é possível reconhecer uma organização vertical e gradual, designada por zonação litoral (Ballesteros & Romero, 1988). A estratificação subjacente a essa organização resulta de um diversificado e contínuo mosaico de ambientes (plataformas, blocos, cumes, saliências e fendas), colonizados por assembleias de espécies bastante competitivas tanto de flora, como de fauna, que surgem em resposta a uma variada combinação de fatores físicos (ex., maré, temperatura, exposição a ondas, luz e substrato), químicos (ex., salinidade e nutrientes) e biológicos (ex., competição e predação) (Chemello & Milazzo, 2002; Guinda et al., 2008).

A vida na zona entre marés apresenta assim um ambiente bastante dinâmico (Molles, 2002), que tem como grande causa deste dinamismo a influência do fluxo e refluxo diário das marés. Esta variação leva à submersão dos organismos sésseis ou de mobilidade reduzida durante a maré

alta e à exposição ao meio atmosférico quando esta se encontra baixa, o que aumenta consequentemente o risco de dessecação destes. Os habitantes desta zona são assim obrigados a apresentar uma capacidade especial de adaptação e de equilíbrio delicado, entre si e os fatores ambientais (CMIA, 2012; Gaspar, 2002; Pereira, 2004).



**Figura 4:** Representação da Zonação litoral, com fauna e flora características de cada zona (adaptado de Carey 2010).

#### 1.4. Espécies formadoras de habitat

Apesar de todas as condições adversas associadas à zona entre marés, o restrito espaço de fixação é considerado um dos principais fatores limitadores dos organismos bentônicos nas zonas sujeitas a maior colonização biológica (limite inferior do intertidal) (Dayton, 1971). Ou seja, a competição pelo espaço, pode condicionar as assembleias de organismos sésseis que habitam a zona intertidal, a locais aos quais não possuem condições de sobrevivência (ex. locais de longos períodos de exposição à dessecação), ou até mesmo, a ficarem à mercê da ação das ondas, caso estes falhem em se fixar ao substrato. Nestes espaços, surgem alguns organismos que apesar da sua abundância não o justificar, possuem uma importância acrescida (conceito de espécie-chave de Paine, 1969). Nesta categoria, pode incluir-se o grupo das espécies formadoras de habitat (engenheiras de habitat) (Jones et al., 1994), que têm um papel fundamental na criação de novos

espaços para colonização por parte dos organismos bentônicos, aumentando desta forma a heterogeneidade do substrato (Dayton, 1972).

Os formadores de habitat são assim considerados autênticos substratos biológicos, que exercem interações bióticas diretas e indiretas com outros organismos, normalmente benéficas, como por exemplo o aumento da produtividade, manutenção dos padrões de distribuição e abundância de outros organismos, melhorando as condições ambientais e servindo ainda como refúgio contra predadores (Bulleri et al., 2002; Monteiro et al., 2002).

### **1.5. Macroalgas**

As macroalgas em zonas de espaço limitado, como as zonas abordadas neste trabalho, são consideradas importantes formadores de habitat, atuando como um substrato estrutural biológico para uma grande variedade de espécies animais (Benedetti-Cecchi & Cinelli, 1992; Duggins & Dethier, 1985). Estas algas encontram-se geralmente imersas ou sujeitas a períodos curtos de emersão, estão fixadas a um substrato estável e respondem diretamente a fatores abióticos e bióticos do ambiente marinho (Murray & Littler, 1978). Sendo ainda consideradas produtores primários fundamentais na base das cadeias alimentares de todos os ecossistemas aquáticos (Riolfi, 2013).

Devido à sua grande diversidade, podemos deparar-nos com várias morfologias de macroalgas, desde simples e pequenas (de apenas alguns milímetros de comprimento), incrustadas na superfície das rochas e exibindo um aspeto bastante frágil, ou pelo contrário, depararmo-nos com espécimes de tal forma colossais (superiores a 50 metros, na costa Este do Pacífico; com 4-5 metros na costa atlântica europeia), que podem ser consideradas em algumas zonas costeiras como verdadeiras florestas aquáticas, as “florestas de *kelp*” (Pereira, 2009; Pereira, 2014).

As modificações físicas provocadas pelas macroalgas no habitat afetam as assembleias de organismos que vivem na sua cobertura, devido, por exemplo, a alterações da incidência de luz (Reed & Foster, 1984), alterações do fluxo de água (Duggins et al., 1990) e à dessecação (McCook & Chapman, 1991), atuando ainda como refúgio contra alguns predadores e como alimento para alguns herbívoros (Schmidt & Scheibling, 2006). Têm ainda um importante papel na determinação da diversidade da epifauna (constituída pelos animais que vivem na superfície do substrato marinho) (Pereira et al., 2006), pelo suporte que fornecem e que permitem a este tipo de animais o acesso à coluna de água.

No nosso dia-a-dia, ao contrário do que se possa pensar, as macroalgas possuem cada vez mais importância, uma vez que são uma grande fonte de biofertilizantes (responsáveis por uma grande parte da produção primária no território português), fonte de alimento e extração de ficocolóides (carragenas, ágar e alginatos) usados na indústria farmacêutica e cosmética (Cardozo et al., 2007). São ainda consideradas pela Diretiva Quadro da Água Europeia (DQA), bioindicadores sensíveis de mudanças na qualidade da água (Fairweather, 1990) e são usadas para avaliar o estado ecológico das massas de água costeiras e de transição, através da análise de dados da sua composição específica, da cobertura de algas oportunistas e abundância relativa (PEC, 2000).

A coloração da alga resulta da expressão visível da combinação dos diferentes pigmentos fotossintéticos presentes nas suas células, obtendo-se uma coloração extremamente variada de organismo para organismo, apesar de possuírem um pigmento comum chamado de clorofila (Pereira, 2009). É consensualmente aceite distinguir as macroalgas em três grandes grupos (Campbell et al., 1994; Chapman, 1957), com base na sua coloração:

- (1) Algas castanhas:** com uma coloração castanha, encontram-se as macroalgas pertencentes ao Filo Heterokontophyta (ou Ochrophyta), classe Phaeophyceae. Tendo como pigmentos a clorofila (a e c) e os carotenóides com predominância de fucoxantina, responsável pela coloração acastanhada;
- (2) Algas verdes:** no caso das macroalgas com pigmentação verde, idêntica à das plantas, incluem-se as algas do Filo Chlorophyta, devendo-se a sua cor à presença das clorofilas (a e b) e carotenóides.
- (3) Algas vermelhas:** tradicionalmente classificadas no Filo Rhodophyta (Cole & Sheath, 1990), que por sua vez possuem como pigmentos fotossintéticos a clorofila a, as ficobilinas (R-ficocianina e R-ficoeritrina) e os carotenóides ( $\beta$ -caroteno, luteína e zeaxantina).



**Figura 5:** Vista geral do local de amostragem, Praia da Gelfa – Viana do Castelo.

### **1.6. Principais espécies de macroalgas formadoras de habitat**

As macroalgas podem ainda ser agrupadas tendo em conta a sua contribuição para a complexidade estrutural do ambiente (CMIA, 2012). Os grandes “kelps” criam um complexo habitat em águas pouco profundas, para um significativo número de animais. Apesar da sua contribuição ser mais modesta, as pequenas algas podem também deter uma grande importância para pequenos invertebrados, como pequenos crustáceos, anelídeos, moluscos e até larvas de peixe (Snelgrove 1998).

As principais algas formadoras de habitat dos fundos sublitorais rochosos de todas as áreas temperadas do mundo, pertencem às ordens Laminariales e Fucales (Ribera et al., 1992; Steneck et al., 2002), estas são produtores primários bastante importantes das áreas costeiras (Mann, 1973), fornecendo suporte a complexas associações de organismos (Graham, 2004).

Existe assim uma competição entre ordens, pela ocupação dos fundos rochosos, onde há um domínio pelas Fucales no Mediterrâneo (Ballesteros, 1992) e um outro domínio, geralmente das Laminariales fora deste (Steneck et al., 2002). Apesar disso, espécies da ordem Fucales foram também observadas no norte do Oceano Atlântico (Draisma et al., 2010).

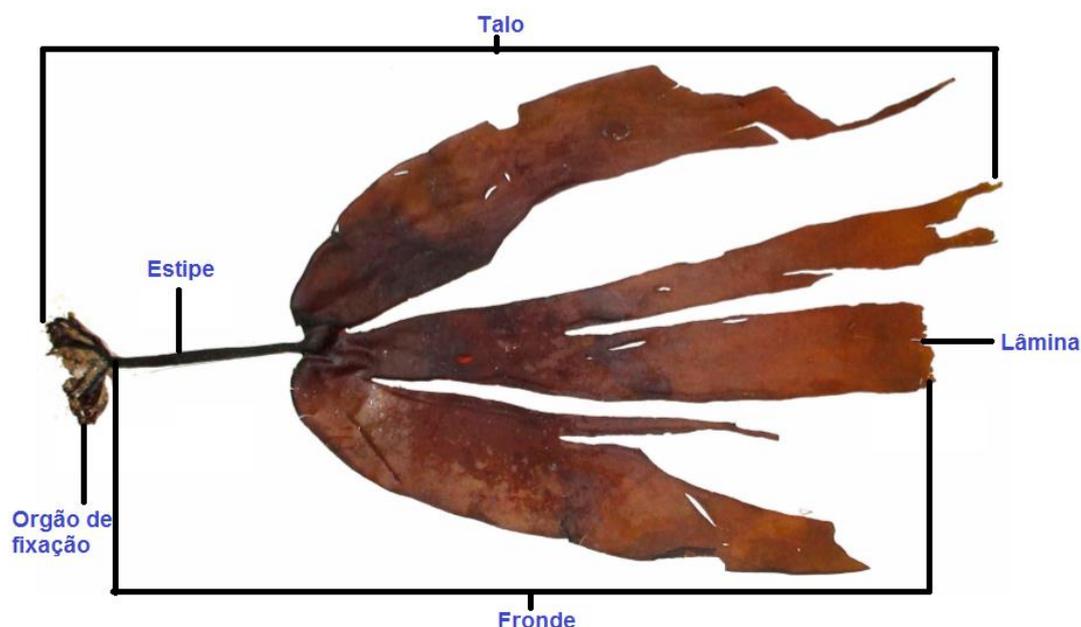
Em sistemas macrotidais, onde os padrões de zonação são evidentes, existe geralmente uma dominância de diferentes espécies de algas castanhas da ordem Fucales (fucoides). Estas algas formam densas formações homogêneas fechadas sobre grandes áreas (Menge & Branch, 2000). Essas associações são caracterizadas pela grande biodiversidade que suportam, uma vez que a

cobertura das fucoídes leva a uma melhoria do habitat biológico (Moore et al., 2007) e à formação de habitats tridimensionais complexos e produtivos (Ballesteros, 1992). Por esta razão as fucoídes são consideradas bons engenheiros de ecossistemas (Jones et al., 1994), onde a maioria das espécies e comunidades existentes no habitat contam com estas para sobreviver, alimentar-se e reproduzir-se (Jenkins et al., 1999; Schiel & Foster, 2006).

### 1.7. Caracterização estrutural das macroalgas

Uma vez que o interesse deste estudo se centra na capacidade de as macroalgas seleccionadas arquitetarem habitats, a sua morfologia estrutural característica é um ponto importante de descrição e análise. É importante também entender a sua constituição, antes de ser feita uma descrição morfológica específica das espécies em estudo. Devido à grande diversidade de morfologias existentes, apenas serão descritas as estruturas observadas nas algas escolhidas e que nos permitem uma melhor compreensão destes organismos (Fig. 6).

O corpo das macroalgas é conhecido por talo. Quando imerso apresenta-se geralmente ereto e divide-se essencialmente em duas secções principais: fronde e órgão de fixação. A fronde é constituída pelo estipe e pela lâmina, correspondendo este conjunto à parte ereta da alga. Por sua vez o órgão de fixação é geralmente discreto, exhibe a forma de um pequeno disco ou de um tufo de finos elementos alongados e incolores, designados por rizoides.



**Figura 6:** Descrição morfológica de uma macroalga (adaptado de Pereira, 2009).

Os talos podem ser filamentosos ou maciços, sendo que estes últimos geralmente possuem uma estrutura compacta, apesar de poderem apresentar uma consistência mole e textura

delicada. Dividem-se em 5 tipos diferentes: incrustante, eixo cilíndrico, tubos cilíndricos ou achatados (Fig. 8), lâminas (Fig. 7) e por último, vesiculares. Caso sejamocos e apresentem paredes compostas por uma ou mais camadas de células, são referidos como achatados ou tubos cilíndricos e no caso de apresentarem constrictões a intervalos regulares nos eixos dos tubos por talos articulados. As suas lâminas podem ser finas, ter diferentes espessuras, ser coriáceas e ainda ser percorridas por “nervuras” ou por “veias”.



**Figura 7:** Talo laminar de *Petalonia fáscia*.  
Fonte: Asturnatura  
(<https://www.asturnatura.com/especie/petalonia-fascia.html>)



**Figura 8:** Talos cilíndricos ou achatados.  
Fonte: Universidade de Sevilha.  
[http://www.aloj.us.es/carronzar/algas/Biologia\\_Marina.html](http://www.aloj.us.es/carronzar/algas/Biologia_Marina.html)

Por fim, existem cinco tipos principais de ramificação, sendo esta característica responsável pelo porte e aspeto geral da alga, interessando nomeadamente neste trabalho a ramificação dicotómica (Fig. 9) e irregular.



**Figura 9:** Ramificação dicotómica, *Dictyota dichotoma*. Fonte: Universidade dos Açores  
([http://www.horta.uac.pt/species/newSite/Algae/Dictyota\\_dichotoma.html](http://www.horta.uac.pt/species/newSite/Algae/Dictyota_dichotoma.html)).

### 1.8. Objetivos gerais

Existem várias evidências que demonstram que as diferentes macroalgas não suportam a fauna bentónica de igual forma (Williams & Seed, 1992), dependendo disso de vários fatores, como por exemplo, os seus ciclos de vida, a sua arquitetura e a exibição de defesas químicas, como no caso de algumas espécies de algas vermelhas (Duffy & Hay, 1994).

Apesar dos poucos estudos sobre a estruturação das algas, principalmente quando comparada com outros fatores limitantes, sabe-se que esta é importante para determinar os padrões de abundância e tamanho da estrutura das espécies animais associadas (Edgar, 1983). Existe assim interesse em comparar macroalgas estruturalmente distintas, principalmente tendo em conta que a abundância e composição da flora aquática é cada vez mais o bioindicador recomendado pelas associações internacionais, para a avaliação da qualidade ecológica das águas (Orfanidis et al., 2001; Giaccone & Catra, 2004; Pinedo et al., 2007)

A presente dissertação visa comparar o papel de uma espécie de macroalga reconhecida como formadora de habitat (*Cystoseira tamariscifolia*), com o papel de outras duas algas, com uma distribuição semelhante na praia, mas com uma complexidade estrutural distinta. Sendo a complexidade estrutural um dos fatores determinantes na qualidade do habitat disponível para colonização por parte da macrofauna, é de esperar que a macroalga com maior complexidade de copa (*C. tamariscifolia*), albergue uma maior diversidade e abundância deste tipo de organismos do que as de menor complexidade (*Chondrus crispus* e *Codium tomentosum*).



## **2. Materiais e Métodos**

---



## **2. Materiais e Métodos**

### **2.1. Espécies em estudo**

Sendo o objetivo deste trabalho avaliar o papel das algas como formadoras de habitat para a macrofauna bentônica, foram selecionadas algas que proporcionassem alguma complexidade estrutural (formando tufo com alguma dimensão), que vivessem no limite da zona intertidal e que sejam capazes de formar povoamentos de alguma dimensão. Dentro da variedade existente no Litoral Norte, foram selecionadas as seguintes espécies:

- *Cystoseira tamariscifolia* (Alga Castanha – Phaeophyta);
- *Chondrus crispus* (Alga vermelha – Rhodophyta);
- *Codium tomentosum* (Alga verde – Chlorophyta).

#### **2.1.1. *Codium tomentosum***

*C. tomentosum* (Fig. 10), de nome comum chorão-do-mar, pertence ao Filo Chlorophyta; apresenta um talo dicotomicamente ramificado, morfologia externa tubular (cilíndrica) e um achatamento a nível das dicotomias. Possui uma consistência sólida, mas esponjosa-elástica, remetendo a sua textura para o veludo. É bastante comum encontrar esta espécie ao longo de todo o litoral português, distribuindo-se tanto em locais expostos como resguardados, na fronteira entre o limite superior da zona infralitoral e o limite inferior da zona médio litoral, bem como em poças de maré (Cecílio, 2012; Pereira, 2009). Apesar de serem avistadas na costa ao longo de todo o ano, esta espécie atinge o seu comprimento máximo no Outono (cerca de 35 cm) e as suas ramificações cilíndricas possuem um diâmetro de cerca de 8 a 10 milímetros (Fish & Fish, 2011; Lima, 2013; Stackhouse, 1797). Pode ainda encontrar-se recoberto por algas epífitas, bem como pequenas pilosidades descoloridas, apenas visíveis quando a macroalga se encontra submersa (Guiry, 2001; Pereira, 2010).



**Figura 10:** Exemplar de *C. tomentosum*.

### **2.1.2. *Chondrus crispus***

Considerada a espécie tipo do género *Chondrus*, *Chondrus crispus*, pertence ao Filo Rhodophyta onde se incluem as algas vermelhas. As populações mais densas desta espécie distribuem-se num estrato com uma variação de  $\pm 1$  m em relação ao limite da maré baixa (MacFarlane, 1968). Surge em zonas expostas, da zona infralitoral e no limite inferior da zona médio litoral, sobre rochas mal iluminadas, debaixo de rochas pendentes e ainda em bacias arenosas de zonas pouco expostas (Rodrigues, 1957; Ardré, 1970 & 1971). A sua distribuição é anfi-atlântica, compreendida ocidentalmente desde Newfoundland (Canada) a Delaware (EUA) e orientalmente entre a Noruega e o sul de Espanha (bastante comuns na Grã-Bretanha, Irlanda e Islândia). Existem ainda relatos de observações em Marrocos e nas Ilhas de Cabo Verde (Fredericq et al., 1992; Dixon & Irvine, 1995). Em Portugal, é característica da costa norte e abundante em Viana do Castelo (Rodrigues, 1957; Ardré, 1970).

*C. crispus* (Fig. 11), é uma macroalga com um talo polimorfo (bastante variável, principalmente em termos de largura), de cor vermelho-púrpura e consistência cartilaginosa, podendo atingir os 20 cm de comprimento. O seu talo cilíndrico, com 0,5 a 1,0 mm, encontra-se fixado ao substrato por um pequeno disco perene, espesso no centro e delgado nas margens (Fredericq et al., 1992). Apesar de esta base ser considerada um simples aparelho de fixação, continua a crescer até atingir um diâmetro máximo de 2 cm (Kopp & Perez, 1979); a sua parte superior origina sucessivamente novas lâminas. Estas iniciam-se por uma secção basal estreita

não ramificada, que progride e se alarga gradualmente numa ramificação dicotômica semelhante a um leque e termina em extremidades truncadas ou arredondadas (Campbell, 1994; Harvey et al., 1973). Uma curiosidade anatómica desta espécie é a possibilidade de surgirem pequenas dilatações de 2-3 mm de diâmetro, nas suas lâminas, correspondendo estas protuberâncias às suas estruturas reprodutoras, que conservam, mesmo quando se encontram submersas, o aspeto frisado (daí o restritivo específico “crispus”) (Pringle & Mathieson, 1987). É uma espécie sexuada dioica, com um ciclo de reprodução trigenético isomórfico semelhante ao da maior parte das Florideophycidae (Pereira, 2004).



**Figura 11.** Espécime de *C. crispus*.

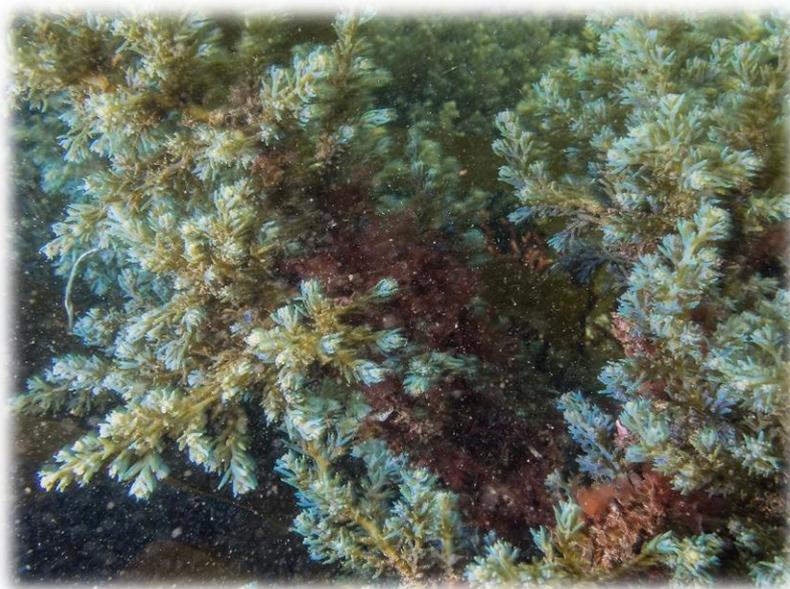
### **2.1.3. *Cystoseira tamariscifolia***

*Cystoseira tamariscifolia* inclui-se no género *Cystoseira* pertencente à ordem Fucales, constituído por espécies engenheiras de habitats de zonas sublitorais bênticas. Ao contrário das restantes espécies deste trabalho, *C. tamariscifolia* (Fig. 12), têm um aspeto irregular e cilíndrico que se assemelha a um arbusto. Possui bastantes ramificações laterais curtas e espinhosas, o seu comprimento máximo é superior quando equiparado com as outras macroalgas, podendo chegar aos 60 cm, mas geralmente anda por volta dos 40 cm de comprimento (Ager, 2008; Campbell, 1994). As suas ramificações terminam em estruturas reprodutoras, longas e ovais com pequenas bolsas de ar por baixo. O talo tem uma cor verde-azeitona, com a iridescência verde-azulada, aquando submersa, principal característica do género *Cystoseira*, originando daí o seu

nome comum de sargaço arco-íris. Têm ainda uma textura áspera ao toque e uma consistência coriácea (Pereira, 2010; Lima, 2013).

Além de uma sazonalidade evidente, na composição e abundância de espécies colonizadoras (Pizzuto, 1999), *C. tamariscifolia* apresenta uma alta sensibilidade à poluição e a pressões antropogénicas, verificando-se, nas últimas décadas, uma regressão e extinção preocupante desta espécie em várias áreas do Mediterrâneo (Mangialajo et al., 2008).

Existem diversos estudos sobre a sua dominância em várias comunidades fitobentónicas do Mediterrâneo (Giaccone, 1973), uma vez que são relativamente grandes em relação a outras algas. Em relação aos espécimes encontrados no norte do Oceano Atlântico, não existe muita informação disponível. São consideradas formadoras de habitat em zonas sublitorais bênticas. Possuem uma grande importância ecológica (Sales & Ballesteros, 2009), uma vez que são responsáveis por uma grande parte da biomassa e produção das associações bentónicas em águas pouco profundas (Ballesteros, 1992). São ainda usadas como “berçário” por alguns peixes litorais (Cheminee et al., 2010).



**Figura 12:** Espécime da macroalga *C. tamariscifolia*, onde é possível observar a iridescência característica do género.

## **2.2. Área de estudo e local de amostragem**

O material biológico foi recolhido na Praia da Gelfa (**N 41° 48' 2.56"**, **W 8° 52' 15.56"**), Viana do Castelo (Fig. 13). Esta praia é de natureza rochosa, situando-se os locais amostrados numa pequena baía, que lhe confere algum abrigo. Apesar disso, a sua dinâmica é muito forte, pois não existem sedimentos (areias) em toda a extensão do canal e a praia propriamente dita está coberta por seixos rolados. Tal como todas as praias do Norte de Portugal, o local das

amostragens está incluído na zona abrangida pela Região Biogeográfica Eurosiberiana, (Carvalho et al., 2011; Daveau et al., 1985). As amostras foram recolhidas numa zona muito próxima do limite inferior de maré baixa, em que a exposição ao ar, em função da amplitude da maré, é muito curta ou inexistente.



**Figura 13:** Praia da Gelfa, local de amostragem deste estudo em Viana do Castelo.

### 2.3. Procedimento

As amostragens foram efetuadas em períodos de maré baixa, durante o mês de setembro de 2015. Foram colhidos 8 exemplares de cada uma das três espécies selecionadas (*C. tomentosum*, *C. tamariscifolia* e *C. crispus*). As amostras foram recolhidas de forma aleatória, tendo tido o cuidado de apenas se recolherem exemplares bem desenvolvidos e aproximadamente no mesmo nível da praia. Para não comprometer nova recolonização, houve o cuidado de nunca recolher pés isolados<sup>1</sup>. *C. tamariscifolia* foi recolhida um pouco mais abaixo na praia do que as restantes algas. As outras duas espécies foram recolhidas em poças de maré permanentes, mas com ligação fácil ao mar, um pouco mais acima na praia (distância horizontal inferior a 1m e diferença de cota da ordem dos 20 cm). Após a recolha, as macroalgas foram colocadas em sacos individuais de rede de nylon com 1 mm de malha, registando-se o número da amostra. Posteriormente o saco de

<sup>1</sup> É conhecida a inibição ao recrutamento ou à sua reinstalação, devido à colonização do local por parte de outras macroalgas ou organismos (como os mexilhões). Alguns estudos, como por exemplo de Benedetti-Cecchi e Cinelli em 1996, observaram este impedimento de recolonização em *Cystoseira* do local onde foram previamente removidas

nylon com a amostra foi colocado em sacos de plástico fechados, com água do mar. Desta forma garantiu-se uma melhor preservação, bem como uma menor perda do material biológico até ao seu processamento em laboratório. Todas as amostras foram etiquetadas, fixadas com formol neutralizado a 10% em frascos individuais e armazenados para posterior triagem.

Após lavagem em água do mar, a macrofauna associada às algas foi extraída por floculação, com passagem do material obtido num crivo de malha de 1mm.

A triagem dos macroinvertebrados foi feita à lupa binocular. Os organismos triados foram posteriormente conservados em álcool a 70%, com um pouco de glicerina (para limitar a evaporação do conservante), colocados em frascos devidamente identificados e armazenados até posterior identificação.

A identificação dos organismos foi realizada com auxílio de lupa binocular e microscópio ótico e com recurso à literatura e bases de dados on-line. As bases de dados utilizadas foram principalmente “Marine Species Identification Portal”, BOLD (“The Barcode of Life Data Systems”) e WORMS (“World Register of Marine Species”). Quanto à literatura utilizaram-se principalmente, guias e livros dos autores: Campbell (1994); Hayward & Ryland (1995); Saldanha (1997); Fish & Fish (2011); Lincoln (1979) e Naylor (1972). A identificação foi levada ao nível taxonómico mais detalhado possível.

#### **2.4. Análise estatística**

O tratamento dos dados foi efetuado em ambiente R (R Core Team, 2014) com recursos aos packages *vegan* (Oksanen et al., 2013) e *lattice* (Sarkar, 2015). A dominância foi avaliada através do índice de Simpson (IS), que dá a probabilidade de 2 indivíduos, retirados ao acaso, pertencerem a espécies diferentes (Magurran, 2004). O IS aumenta com a diversidade da comunidade, variando entre 1 e número de espécies observadas (Sobs). Dividindo o IS pelo número de espécies total observadas em cada local (Sobs), obtemos um índice de equitabilidade ( $IS_{eq}$ ). Este índice varia por sua vez entre 0 (mínimo de equitabilidade) e 1 (máximo de equitabilidade), onde valores baixos indicam comunidades dominadas por poucas espécies, enquanto que valores mais altos refletem uma distribuição do número de indivíduos por espécie mais equitativa.

Na comparação das médias de Sobs, Abun, IS e  $IS_{eq}$  entre os diferentes tipos de algas recorreu-se a modelos lineares generalizados (GLM - Generalized Linear Models). As diferenças ao nível da composição de espécies, foram avaliadas através do índice de Bray-Curtis (Magurran, 2004). Esta análise de dissimilaridade pode ser dividida em quatro passos elementares:

- I.** O cálculo de uma matriz de dissimilaridade entre as macroalgas amostradas com base no índice de BrayCurtis (Magurran, 2004);
- II.** Uma análise de agrupamentos, ou cluster analysis, (UPGMA), seguida de uma NMDS (non-metric multidimensional scaling) (Legendre & Legendre, 2012) com o objetivo de verificar se as amostras se agrupam conforme a sua espécie de macroalga (Chon, Cod e Cyst);
- III.** Corroboração dos resultados anteriores com o teste ANOSIM, uma vez que este testa se as comunidades das diferentes espécies de macroalgas eram significativamente diferentes ou não, em termos de composição de espécies (Clarke, 1993);
- IV.** E por fim o teste de SIMPER que decompõe o índice de Bray-Curtis na contribuição que cada espécie dá para a dissimilaridade entre diferentes tipos de algas e nos permite identificar as principais espécies responsáveis por essas diferenças (Clarke, 1993).



## **3. Resultados**

---



### 3. Resultados

#### 3.1. Riqueza, abundância, dominância e equitabilidade

A partir de 24 amostras, foi identificado um total de 38 976 indivíduos pertencentes a 99 espécies diferentes (Tabela 1). Nas algas estudadas, o valor máximo de espécies observadas (90) bem como o maior número de indivíduos (34060), esteve associado a *C. tamariscifolia*. O valor mínimo de espécies observadas (53) veio associado a *C. crispus*, apesar de nesta espécie ocorrer um número total de indivíduos (4025) superior a *C. tomentosum*; por sua vez, nesta alga surgem valores totais de indivíduos mais baixos (891).

**Tabela 1:** Valores de riqueza e abundância total para cada espécie de alga estudada.

	<i>Chondrus crispus</i>	<i>Codium tomentosum</i>	<i>Cystoseira tamariscifolia</i>
<b>Nº total de espécies</b>	53	57	90
<b>Nº total de indivíduos</b>	4025	891	34060

A macrofauna identificada distribui-se por 7 Filos (Annelida; Arthropoda; Chordata; Cnidaria; Echinodermata; Mollusca e Platyhelminthes), em que o maior número de espécies pertence aos Filos Annelida, Arthropoda (de que 39 pertencem ao subfilo Crustacea) e Mollusca (Tabela 2). Os Artrópodes dominam claramente em número de espécies e abundância em *C. crispus* e *C. tomentosum*. Em *C. tamariscifolia* os artrópodes mantêm a primazia no que respeita à riqueza específica, mas surgem em 2º lugar na abundância, sendo os Moluscos os mais abundantes.

**Tabela 2:** Nº total de espécies e abundância média em cada uma das algas amostradas, distribuídos pelos respetivos Filos.

Filo	<i>Chondrus crispus</i>		<i>Codium tomentosum</i>		<i>Cystoseira tamariscifolia</i>	
	Nº de espécies	Abundância	Nº de espécies	Abundância	Nº de espécies	Abundância
<b>Annelida</b>	10	325	15	141	23	4140
<b>Arthropoda</b>	25	3131	26	560	41	12892
<b>Chordata</b>	1	2	0	0	0	0
<b>Cnidaria</b>	3	18	1	1	4	103
<b>Echinodermata</b>	1	2	1	1	2	22
<b>Mollusca</b>	12	431	13	187	19	16684
<b>Platyhelminthes</b>	1	116	1	1	1	219

*Cystoseira tamariscifolia* e *Codium tomentosum* apresentam uma diversidade específica mais elevada (IS= 10,59 e 9,76, respetivamente) do que *Chondrus crispus* (IS = 4,42). Ao nível da equitabilidade, *Cystoseira tamariscifolia* e *Chondrus crispus* apresentam índices de ordem de grandeza semelhante (0,18 e 0,16, respetivamente), estando os valores mais elevados associados

a *Codium tomentosum* (0,37). Tendo em conta a riqueza e a abundância total da macrofauna associada a cada alga, estes resultados são os esperados, uma vez que uma equitabilidade maior traduz uma melhor repartição da abundância pelas espécies presentes. No caso de *C. tomentosum*, uma vez que o número total de indivíduos é bastante inferior ao associado às outras duas algas e o índice de diversidade de Simpson entra em consideração com a proporção de ocorrência de cada espécie nas amostras, o valor mais elevado de equitabilidade traduz uma melhor repartição dos indivíduos pelas várias espécies, em que um número reduzido de espécies tem abundâncias particularmente elevadas, como sucede nas outras algas (Tabela 3).

**Tabela 3:** Índices de diversidade e equitabilidade.

	<i>Chondrus crispus</i>	<i>Codium tomentosum</i>	<i>Cystoseira tamariscifolia</i>
<b>Índice de Simpson (IS)</b>	4.42 (± 1.45)	9.76 (± 1.94)	10.59 (± 2.19)
<b>Índice de equitabilidade (ISeq)</b>	0.156 (± 0.059)	0.365 (± 0.068)	0.178 (± 0.035)

Analisando a distribuição das espécies pelas 3 macroalgas estudadas, em termos de exclusividade, verifica-se que *C. tamariscifolia* apresenta o maior número de espécies exclusivas (27), enquanto que nas restantes espécies, surgem apenas 5 espécies exclusivas a cada uma delas (Tabela 4). Nota-se também, que *C. tamariscifolia* e *C. tomentosum* partilham mais espécies entre si (52) do que *C. tomentosum* e *C. crispus*, que apenas partilham 38.

**Tabela 4:** Exclusividade e partilha de espécies, entre as diferentes espécies em estudo.

	Exclusivas	Partilhadas com:		
		<i>C. crispus</i>	<i>C. tomentosum</i>	<i>C. tamariscifolia</i>
<i>Chondrus crispus</i>	5	-	38	48
<i>Codium tomentosum</i>	5	38	-	52
<i>Cystoseira tamariscifolia</i>	27	48	52	-

### 3.2. Modelos lineares generalizados

A aplicação de modelos lineares generalizados permitiu identificar diferenças entre os valores médios de riqueza, abundância, diversidade e equitabilidade nas 3 espécies de algas estudadas. Em todas as situações, os valores foram sujeitos a uma transformação logarítmica prévia. Estes modelos permitiram verificar que (tabelas 5 a 8):

- Ao nível da riqueza específica, *C. tamariscifolia* se destaca significativamente das restantes algas (Tabela 5);
- Ao nível da abundância total, *C. tamariscifolia* e *C. crispus* ultrapassam de forma significativa *C. tomentosum* (Tabela 6);

- Ao nível da diversidade, medida através do índice inverso de Simpson, existem diferenças significativas apenas entre *C. crispus* e as restantes algas (Tabela 7);
- Ao nível da equitabilidade, tanto *C. tamariscifolia* como *C. crispus* diferem de forma significativa de *C. tomentosum* (Tabela 8).

**Tabela 5.** Comparação de médias logaritimizadas, da riqueza de espécies observada nas diferentes espécies de macroalgas.

	Estimate	Erro Std	Valor – Z	Pr (> z )
<i>C. tomentosum</i>	3,28964	0,07881	41,741	<2e-16 ***
<i>C. tamariscifolia</i>	0,79212	0,09122	8,684	<2e-16 ***
<i>C. crispus</i>	0,10239	0,10239	0,842	0,4

**Nota: \*Signif. codes: 0 '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*\*' 0.01 '\*\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1**

\*\* As medias logaritimizadas de *C. tamariscifolia* e do *C. crispus*, são individualmente comparadas com a média de *C. tomentosum*.

**Tabela 6:** Comparação de médias logaritimizadas, da abundância total observada nas diferentes espécies de macroalgas.

	Estimate	Std Error	z-Value	Pr (> z )
<i>C. tomentosum</i>	5,00058	0,03350	149,27	<2e-16 ***
<i>C. tamariscifolia</i>	3,35585	0,03394	98,89	<2e-16 ***
<i>C. crispus</i>	1,22025	0,03702	32,96	<2e-16 ***

**Nota: \*Signif. codes: 0 '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*\*' 0.01 '\*\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1**

\*\* As medias logaritimizadas de *C. tamariscifolia* e do *C. crispus*, são individualmente comparadas com a média de *C. tomentosum*.

**Tabela 7:** Comparação de médias logaritimizadas do Índice de Simpson (IS), observado nas diferentes espécies de macroalgas.

	Estimate	Std Error	z-Value	Pr (> z )
<i>C. tomentosum</i>	9,7633	0,7675	12,721	9,62e-11 ***
<i>C. tamariscifolia</i>	0,8254	1,0153	0,813	0,426
<i>C. crispus</i>	-5,3434	1,0153	-5,263	4,44e-05 ***

**Nota: \*Signif. codes: 0 '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*\*' 0.01 '\*\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1**

\*\* As medias logaritimizadas de *C. tamariscifolia* e do *C. crispus*, são individualmente comparadas com a média de *C. tomentosum*.

**Tabela 8:** Comparação de médias logaritimizadas do Índice de Equitabilidade (Is<sub>e</sub>), observado nas diferentes espécies de macroalgas.

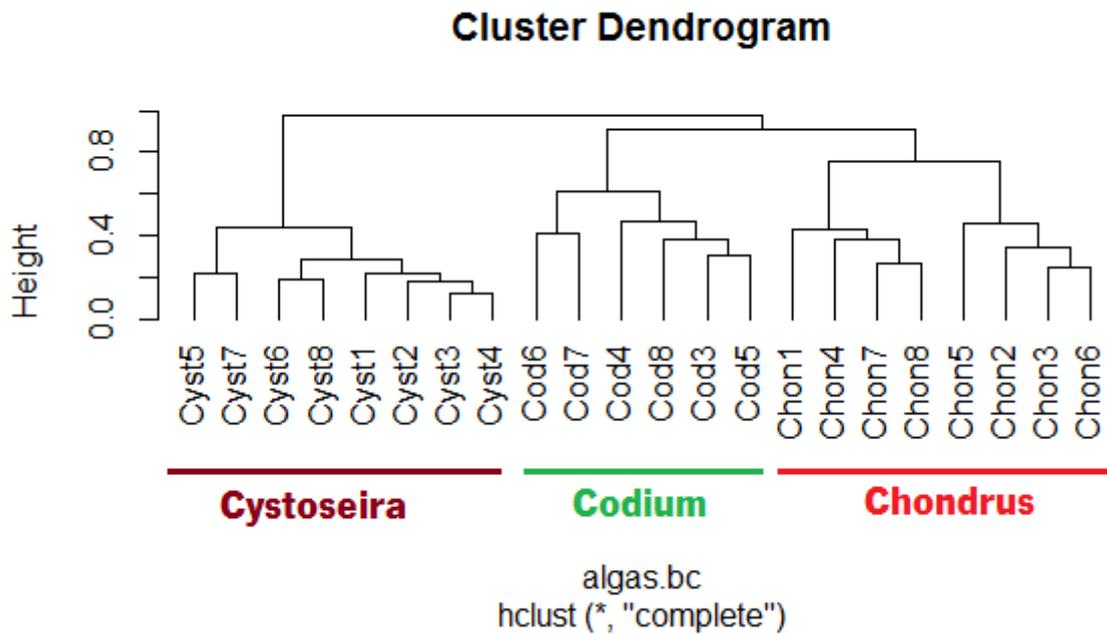
	Estimate	Std Error	z-Value	Pr (> z )
<i>C. tomentosum</i>	0,36497	0,02226	16,393	1,14e-12 ***
<i>C. tamariscifolia</i>	-0,18653	0,02945	-6,333	4,46e-06 ***
<i>C. crispus</i>	-0,20860	0,02945	-7,083	9,74e-07 ***

**Nota: \*Signif. codes: 0 '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*\*' 0.01 '\*\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1**

\*\* As medias logaritimizadas de *C. tamariscifolia* e do *C. crispus*, são individualmente comparadas com a média de *C. tomentosum*.

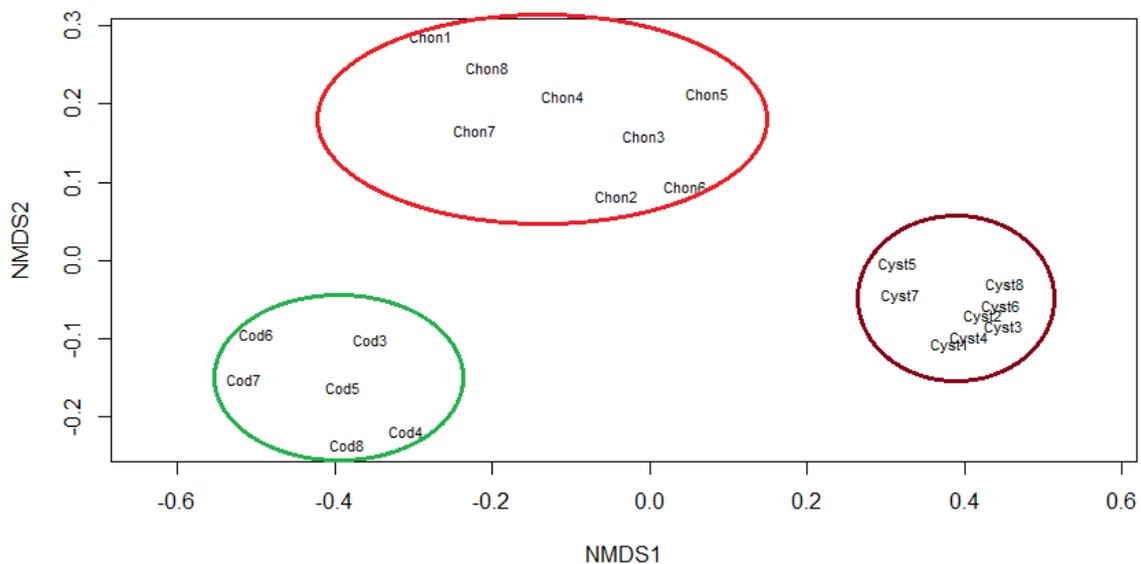
### 3.3. Análise de dissimilaridade

Na Figura 14 apresenta-se um dendrograma resultante de uma análise de dissimilaridade, utilizando a distância de Bray-Curtis, sobre a matriz de composição de espécies para cada alga. Como se pode observar os locais de amostragem agrupam-se claramente conforme a espécie de alga, mostrando que a macrofauna associada a cada uma das algas constitui grupos distintos.



**Figura 14:** Análise de agrupamentos (Cluster) das macroalgas amostradas, utilizando a distância de BrayCurtis sobre a matriz de composição de espécies para cada macroalga.

Complementando este resultado com uma análise NMDS (Non-metric Multidimensional Scaling), apresentada na Figura 15, constatou-se a mesma divisão das amostras em três grandes grupos, claramente separados conforme a espécie de macroalga a que se encontram associadas.



**Figura 15:** Representação do NMDS obtido numa matriz de distância entre as 22 amostras utilizando o índice de BrayCurtis como medida de similaridade.

Este resultado é reforçado pelo teste ANOSIM que mostra que as diferenças na composição de espécies entre as 3 espécies de algas são significativas (ANOSIM statistic  $r=0,9908$ ;  $p=0,001$ ).

### 3.4 Análise SIMPER

Na análise de SIMPER, decompos o índice de Bray-Curtis na contribuição que cada espécie dá para a dissimilaridade entre diferentes tipos de algas, permitindo verificar quais as espécies responsáveis pela dissimilaridade entre as distintas espécies de macroalgas (Cod e Cyst; Cod e Chond; Cyst e Chond).

A Tabela 9 mostra os resultados de uma análise SIMPER levada a cabo sobre a matriz algas x espécies entre *C. crispus* e *C. tomentosum*, podendo verificar-se que dez espécies são responsáveis por cerca de 72.1% da dissimilaridade total entre essas duas algas. *Jassa falcata*, por si só, é a espécie que mais contribui para a separação entre as duas algas (contribuição de 41,2%). No conjunto das espécies com maior contribuição para a separação referida, *Platynereis dumerilii*, *Achelia echinata*, *Apherusa jurinei*, *Apohyale prevostii*, *Jassa falcata*, *Dynamene bidentata*, *Idotea pelagica* e *Tricolia pullus* estão associadas a *C. crispus*; *Mytilus galloprovincialis* e *Ampithoe rubricata*, por sua vez, surgem associadas a *C. tomentosum*.

**Tabela 9:** Resultados da análise SIMPER levada a cabo sobre a matriz macroalgas x espécies. Contr – contribuição média de cada espécie para a dissimilaridade total. Av.Cod - abundância média da espécie na alga Codium; Av.Chon - abundância média da espécie na alga Chondrus ; Cum%– percentagem da contribuição média de cada espécie para a dissimilaridade total.

	Contr	Av.Chod	Av.Con	%Cum
<i>Jassa falcata</i>	0,333	1,667	244,626	0,412
<i>Apohyale prevostii</i>	0,046	30,333	37,375	0,469
<i>Apherusa jurinei</i>	0,037	1,167	31,250	0,515
<i>Tricolia pullus</i>	0,028	0,333	17,500	0,550
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	0,027	20,833	16,875	0,582
<i>Dynamene bidentate</i>	0,024	4,167	17,250	0,613
<i>Idotea pelagica</i>	0,023	13,167	0,750	0,641
<i>Ampithoe rubricate</i>	0,022	11,833	0,000	0,669
<i>Achelia echinata</i>	0,022	0,000	14,500	0,696
<i>Platynereis dumerilii</i>	0,020	3,667	19,125	0,721

A análise SIMPER envolvendo *C. tamariscifolia* e *C. tomentosum* mostra que 10 espécies são responsáveis por 77.4% da dissimilaridade detetada (Tabela 10). *Mytilus galloprovincialis* e *Rissoa* sp<sup>2</sup> contribuem, respetivamente, com 19.2% e 17.5% (% cumulativa = 36.7%) para a dissimilaridade entre essas algas. Todas as 10 espécies estão associadas a *C. tamariscifolia*.

<sup>2</sup> Devido à impossibilidade em identificar muitos indivíduos do género *Rissoa*, optou-se por não considerar a discriminação das espécies neste género

**Tabela 10:** Resultados da análise SIMPER levada a cabo sobre a matriz macroalgas x espécies. Contr – contribuição média de cada espécie para a dissimilaridade total. Av.Cod - abundância média da espécie na alga Codium; Av.Cyst - abundância média da espécie na alga Cystoseira ; Cum%– percentagem da contribuição média de cada espécie para a dissimilaridade total.

	<b>Contr</b>	<b>Av.Cod</b>	<b>Av.Cyst</b>	<b>%Cum</b>
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	0,182	20,833	848,375	0.192
* <i>Rissoa</i> sp.	0,166	0,667	739,250	0.367
<i>Apohyale prevostii</i>	0,078	30,333	380,750	0.450
<i>Jassa falcata</i>	0,070	1,667	277,625	0.524
<i>Apherusa jurinei</i>	0,057	1,167	260,750	0.584
<i>Musculus costulatus</i>	0,056	0,667	233,750	0.643
<i>Tricolia pullus</i>	0,055	0,333	249,875	0.701
<i>Lembos websteri</i>	0,035	3,500	161,875	0.738
<i>Amphiglena mediterranea</i>	0,035	1,500	147,250	0.775
<i>Platynereis dumerilii</i>	0,030	3,667	136,125	0.807

Da comparação entre *C. tamariscifolia* e *C. crispus*, constata-se que 10 espécies são responsáveis por 79.9% da dissimilaridade (Tabela 11), sendo mais uma vez *Mytilus galloprovincialis* e *Rissoa* sp as espécies com maior contribuição para a discriminação entre essas algas (20.3% e 18.2%, respetivamente). Tal como na situação anterior todas as 10 espécies estão associadas a *C. tamariscifolia*.

**Tabela 11:** Resultados da análise SIMPER levada a cabo sobre a matriz macroalgas x espécies. Contr – contribuição média de cada espécie para a dissimilaridade total. Av.Chon - abundância média da espécie na alga Chondrus; Av.Cyst - abundância média da espécie na alga Cystoseira ; Cum%– percentagem da contribuição média de cada espécie para a dissimilaridade total.

	<b>Contr</b>	<b>Av.Chond</b>	<b>Av.Cyst</b>	<b>%Cum</b>
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	0,170	16,875	848,375	0,203
* <i>Rissoa</i> sp.	0,152	5,250	739,250	0,385
<i>Apohyale prevostii</i>	0,071	37,375	380,750	0,431
<i>Musculus costulatus</i>	0,050	7,625	233,750	0,491
<i>Apherusa jurinei</i>	0,048	31,250	260,750	0,548
<i>Tricolia pullus</i>	0,047	17,500	249,875	0,604
<i>Jassa falcata</i>	0,041	244,625	277,625	0,653
<i>Lembos websteri</i>	0,033	0,750	161,875	0,693
<i>Amphiglena mediterranea</i>	0,031	5,250	147,250	0,769
<i>Platynereis dumerilii</i>	0,024	19,125	136,125	0,799

Tal como no caso anterior todas as 10 espécies estão associadas ao género *Cystoseira*, como tal, também neste caso a diferenciação *C. crispus* e *C. tamariscifolia* deve-se a uma grande abundância destas espécies em *C. tamariscifolia*.

### 3.5 Diversidade funcional

Verificou-se que as macroalgas em estudo são colonizadas por uma grande percentagem de organismos filtradores, predadores e herbívoros. Espécies especialistas em filtração (27.95%) e espécies de raspadores (22.67%), representam cerca de 50% dos traços alimentares em *Codium tomentosum*. Por sua vez, em *Chondrus crispus*, os especialistas em predação rondam os 11.63% e organismos que possuem em conjunto traços de filtração/predação 50.63%, levando a que a grande maioria dos organismos nesta alga possua algum tipo de traço característico de predação (>60%). Por fim em *Cystoseira tamariscifolia*, os organismos com traços de predação apresentam percentagens menores (cerca de 17% no total), enquanto que especialistas em filtração representam 37% e organismos com traços herbívoros aproximadamente 25% (Tabela 12).

**Tabela 12:** Diversidade funcional, relativamente aos traços alimentares da comunidade associada a cada espécie de macroalga. Os valores são expressos em percentagem.

Tipos de alimentação	<i>Codium tomentosum</i>	<i>Chondrus crispus</i>	<i>Cystoseira tamariscifolia</i>
<b>Detritívoro</b>	2.92	2.63	4.301
<b>Detritívoro; filtrador</b>	0.90	6.26	6.127
<b>Ectoparasita</b>	0.00	0.00	0.006
<b>Filtrador</b>	<b>27.95</b>	6.59	<b>37.002</b>
<b>Filtrador; predador</b>	1.80	<b>50.63</b>	7.085
<b>Herbívoro</b>	13.92	9.47	<b>24.865</b>
<b>Omnívoro</b>	11.56	3.90	1.069
<b>Parasita</b>	0.11	0.00	0.003
<b>Predador</b>	10.66	<b>11.63</b>	7.669
<b>Predador; omnívoro</b>	0.00	0.00	0.021
<b>Predador; omnívoro; coletor</b>	7.52	1.44	2.548
<b>Raspador</b>	<b>22.67</b>	7.43	9.304



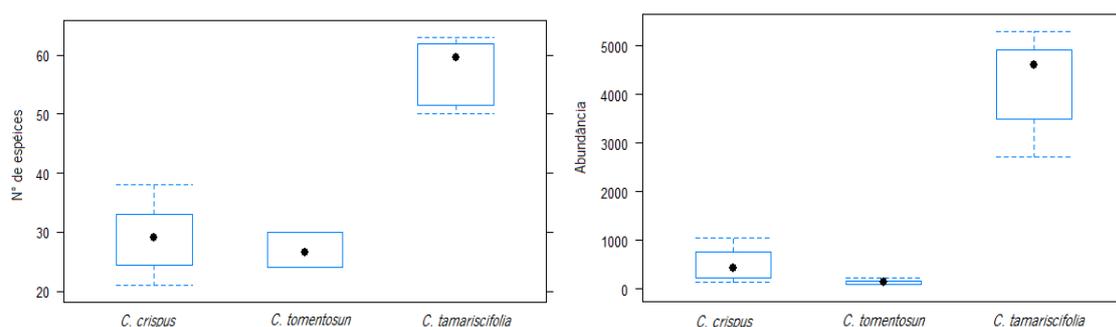
## **4. Discussão**

---



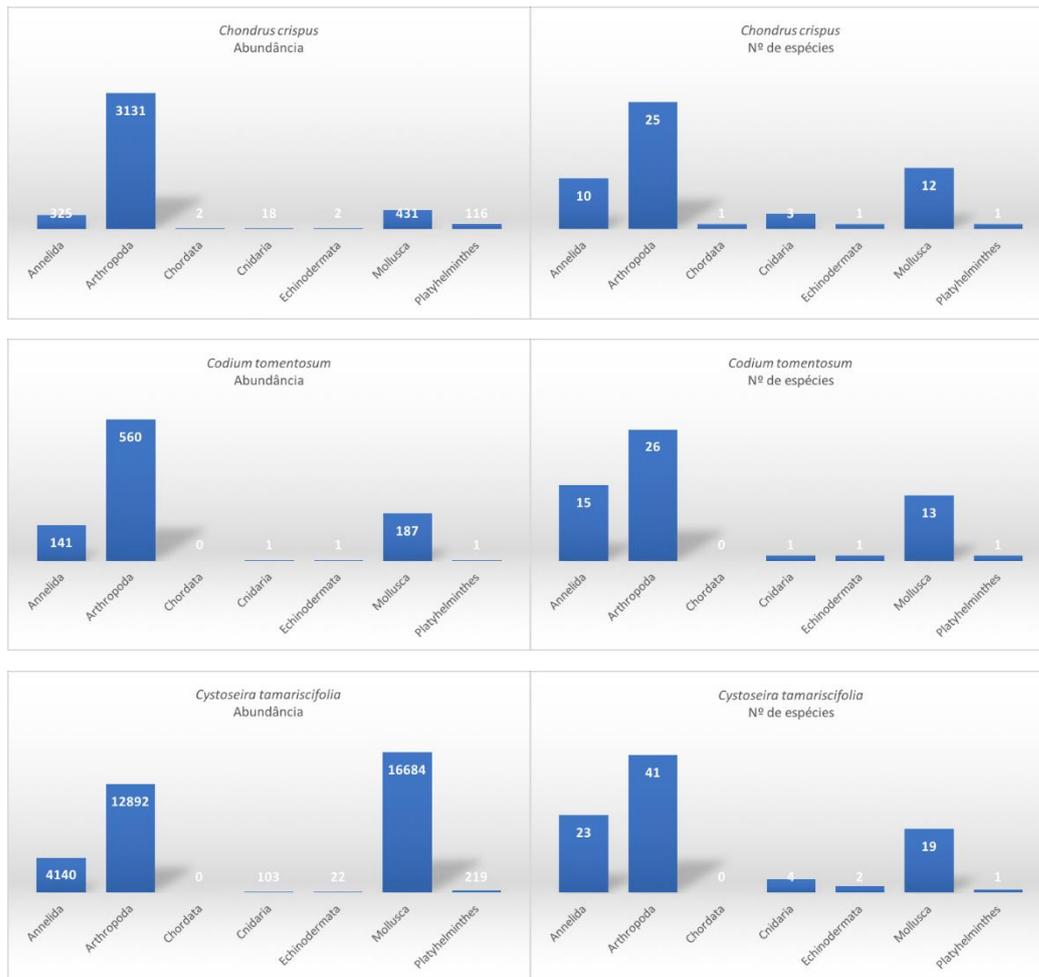
## 4. Discussão

O estudo dos efeitos das algas como formadoras de habitats assume-se como um campo emergente da Ecologia marinha. Analisando a literatura existente sobre formadores de habitats, suspeitava-se que a estrutura de *C. tamariscifolia*, fornecesse melhores condições estruturais do que as restantes espécies, reafirmando assim o seu papel como espécie formadora de habitat, como registado em Sales e Ballesteros (2009). Tendo em conta a proximidade das amostragens foi-nos possível atenuar outros fatores abióticos (como por exemplo a incidência de luz, salinidade e ação das ondas), permitindo-nos concluir que os diferentes resultados obtidos se associam de alguma forma às características estruturais das algas. Neste trabalho, não foi avaliada a possível influência da comunidade microbiana associada a cada uma das algas, que poderia influenciar fortemente o seu grau de apetência por parte da macrofauna (Egan et al., 2013). Os resultados obtidos permitiram associar à alga com estrutura mais complexa não só o maior número de indivíduos, mas também o maior número de espécies (Fig. 16 e Tabela 1).



**Figura 16:** Riqueza de espécies e abundância nas três macroalgas.

Tendo em conta a tipologia dos organismos (Figura 17 e Tabela 2), verifica-se uma clara superioridade na colonização das macroalgas por parte de Artrópodes e Moluscos, visível tanto ao nível de abundância de organismos como na riqueza específica.



**Figura 17:** Abundância e número de espécies totais de cada filo para cada espécie de macroalga.

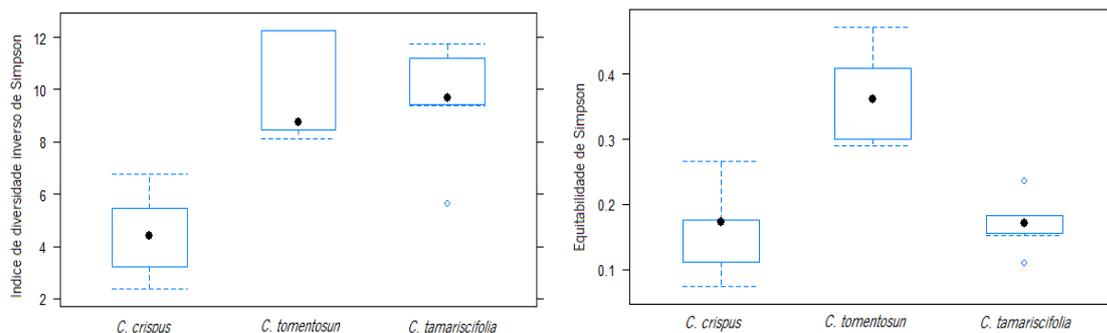
A colonização das macroalgas estudadas por parte dos macroinvertebrados não ocorre de forma equivalente nas 3 espécies estudadas. *C. tamariscifolia*, alga com uma complexidade estrutural superior, alberga sempre um maior número de elementos da macrofauna, mesmo que temporariamente. Este último aspeto é ilustrado pelo grande número de indivíduos de *Mytilus galloprovincialis* presentes, todos de dimensões muito reduzidas (da ordem dos 3 mm), que encontrarão nesta macroalga um habitat favorável ao seu desenvolvimento, enquanto não atingem as dimensões suficientes para se instalar nos recifes rochosos que lhes são característicos. A maior complexidade estrutural de *C. tamariscifolia*, devida ao seu porte arbustivo, dá origem a um habitat mais intrincado, com maiores oportunidades de colonização. Nesta alga, os mexilhões encontravam-se bem fixos nas suas ramificações através de um tufo de pequenos filamentos (fios de bisso), nas restantes algas, aparentemente, a sua estrutura não permite uma fixação tão eficaz, já que estes se soltam facilmente por floculação. Adicionalmente, o bisso dos mexilhões facilita a

acumulação de sedimentos e a ocorrência de pequenos gastrópodes (principalmente *Musculus costulatus* e indivíduos da família Rissoidae).

Os Amphipoda são os artrópodes mais abundantes. São animais de pequenas dimensões, com uma grande variedade de morfologias e elevada diversidade. São caracterizados por procurarem e colonizarem locais abrigados (ex.: cavidades), onde se podem fixar e alimentar, protegendo-se da agitação marinha e também de predadores (Pereira, 2014). Verificou-se durante a triagem que os anfípodes presentes em *C. crispus* e *C. tomentosum*, eram facilmente removidos da macroalga por floculação, devido a uma fraca fixação destes ao substrato. Já no caso da espécie *C. tamariscifolia*, foi necessária uma análise meticulosa com recurso a uma lupa, de forma a não se perder material biológico, já que grande parte dos organismos se encontravam ainda fixados (muitos deles ainda em casulos) ao substrato. A grande complexidade estrutural de *C. tamariscifolia* (constituída por pequenas e numerosas ramificações) promove a existência de um grande número de pequenas cavidades. Por sua vez, *C. tomentosum*, possui uma morfologia dicotômica, cilíndrica e bem espaçada, o que leva esta alga a não oferecer grandes cavidades. Em termos de valores totais, *C. crispus* albergou um número total de organismos bastante superior do que *C. tomentosum*. Em termos estruturais, *C. crispus* é muito menos complexa do que *C. tamariscifolia* mas com maior complexidade do que *C. tomentosum*. Na sua fronde surgem ramificações onde se acumulava a maior parte da macrofauna identificada, principalmente as espécies construtoras de casulos. Estas observações levam-nos a perceber a razão da dominância destes organismos nas macroalgas e a concluir que a estrutura de *C. tamariscifolia* confere realmente um bom habitat para estes artrópodes. Os resultados obtidos estão de acordo com a bibliografia (ex.: Chemello, 2002), onde se refere que macroalgas com estruturas mais complexas albergam assembleias de invertebrados mais abundantes e diversificadas do que macroalgas com estruturas mais simples.

Por fim, a elevada presença de organismos pertencentes ao filo Annelidea, deve-se ao facto de estes surgirem preferencialmente quando existe alguma acumulação de sedimentos grosseiros (*Sabellaria alveolata*) ou de sedimentos finos do tipo limo (Nereidae e Syllidae). A associação preferencial de *Sabellaria alveolata* com *C. tomentosum*, deve-se ao facto de no seu disco se formar uma grande incrustação de sedimento grosseiro, onde estes organismos fazem os seus tubos. Por sua vez, observou-se entre as ramificações das restantes macroalgas uma grande quantidade de sedimentos finos explicando, desta forma, a abundância de organismos pertencentes às famílias Nereidae e Syllidae.

Os valores mais elevados de índices de Simpson (IS) e de equitabilidade ( $IS_{eq}$ ) (Figura 18 e Tabela 3), estão associados a *C. tomentosum*, o que corresponde ao expectável, uma vez que nesta alga se verificou a abundância total mais baixa das três macroalgas. Face ao número de espécies de animais presentes, isso significa uma repartição mais equitativa dos seus indivíduos pelas várias espécies presentes, quando comparado com as restantes macroalgas.



**Figura 18:** Índices de diversidade e de equitabilidade de Simpson.

Relativamente à exclusividade de espécies (Tabela 4), a hipótese de que a complexidade da estrutura de *C. tamariscifolia*, se traduza numa comunidade mais complexa, aparenta ser verdadeira. Nesta alga encontramos 27 espécies exclusivas, contrastando com o reduzido número de espécies exclusivas de cada uma das restantes macroalgas (5 espécies).

Através dos modelos lineares generalizados (Tabela 5 e 6), confirmou-se estatisticamente a significância dos dados obtidos relativamente à riqueza e abundância média de espécies, provando-se verdadeira a superioridade de *C. tamariscifolia* em relação às restantes algas. Já nos restantes modelos (Tabela 7 e 8), prova-se a superioridade estatística de *C. tomentosum*, o que se encontra de acordo com o esperado, uma vez que menores abundâncias de indivíduos se traduzem numa melhor repartição destes pelas várias espécies.

Como se pode observar no cluster hierárquico (Fig. 14), os locais de amostragem agrupam-se conforme a espécie de alga, mostrando que a macrofauna associada a cada uma das algas forma grupos distintos. Este resultado foi complementado com uma análise NMDS (Non-metric Multidimensional Scaling), apresentada na Figura 15, constatando-se a mesma divisão das amostras em três grandes grupos. O teste ANOSIM mostrou que as diferenças na composição de espécies entre as três espécies de algas são significativas (ANOSIM statistic  $r=0,9908$ ;  $p=0,001$ ).

Com a análise das Tabelas 9, 10 e 11 da análise SIMPER, percebe-se a contribuição das dez espécies responsáveis pela maior parte da dissimilaridade existente, entre os diferentes tipos de algas. Nestes dados verificamos que os organismos responsáveis pela dissimilaridade são

pequenos anelídeos, anfípodes e gastrópodes. Quando comparadas as macroalgas *C. crispus* e *C. tomentosum* (Tabela 9), verifica-se que a principal espécie responsável pela dissimilaridade é *Jassa falcata* (41%). Isto deve-se ao facto desta espécie encontrar na estrutura plana, larga e com protuberâncias de *C. crispus*, o habitat ideal para estabelecer grandes “tapetes” de casulos, ao contrário da estrutura cilíndrica e fina de *C. tomentosum*. Observa-se ainda uma associação de quase todas as espécies (8 em 10) a *C. crispus*, mostrando-nos assim, uma clara preferência por esta alga, presumivelmente devido à sua estrutura. Em 2005, Araújo relatou que as praias rochosas da Península Ibérica, são caracterizadas por possuírem uma zonação litoral bastante pronunciada, onde mesmo diferenças de distâncias de poucos metros, influenciam a composição das espécies e possuem assim um papel importante na diversidade das praias e disponibilidade de espaço. Contudo, isto não explica as diferenças entre comunidades de macroinvertebrados encontradas neste trabalho, uma vez que as amostras de ambas as algas se encontrarem fisicamente próximas invalidando essa explicação. Além disso dado que *Jassa falcata* se alimenta por filtração, descarta-se a possibilidade de esta se alimentar diretamente de *C. crispus*. Tendo em conta a invalidade destes argumentos, a explicação que *Jassa falcata* coloniza *C. crispus* devido à sua estrutura, torna-se cada vez mais consistente. Na comparação entre *C. tamariscifolia* e *C. tomentosum* (Tabela 10), verifica-se a preferência de *C. tamariscifolia*, por parte dos anfípodes e moluscos, que se encontra de acordo com a sua descrição tipológica. Na comparação entre estas macroalgas, os maiores responsáveis pela dissimilaridade são *Mytilus galloprovincialis* e *Rissoa* sp, com uma contribuição cumulativa de 36.7% (19.2% e 17.5% respetivamente). Por fim na Tabela 11, a mesma situação é novamente observada, verifica-se uma total associação dos principais organismos a *C. tamariscifolia*, em detrimento de *C. crispus*, com as espécies *Mytilus galloprovincialis* e *Rissoa* sp, novamente a serem responsáveis pela maior contribuição para a discriminação entre essas algas (20.3% e 18.2%, respetivamente).

Schneider e Mann (1991 & 1998) referem que a quantidade de algas epífitas, associadas às macroalgas, influenciam também a abundância de anfípodes. Regra geral, *C. tamariscifolia* apresentou maior quantidade de algas epífitas, o que contribuiu para o aumento da complexidade estrutural do conjunto aumentando assim as oportunidades de alimentação e proteção para outros organismos (Gee & Warwick, 1994, Davenport et al., 1999). Durante a triagem observou-se a presença de algas epífitas em *C. tomentosum*, explicando a presença de uma grande quantidade de herbívoros (13.92%) e raspadores (22.67%) nesta macroalga (Tabela 12), levando-nos a supor que o interesse desta macroalga, por parte da macrofauna, se deva à possibilidade de os

organismos se alimentarem diretamente desta e não devido à sua estrutura. Contudo, o traço funcional dominante nesta alga é a filtração (27.95%) que juntamente com a totalidade dos organismos predadores (cerca de 20%), contabilizam praticamente 50% dos traços funcionais na macroalga. Estas percentagens, indicam-nos que existe um grande número de organismos que procuram *C. tomentosum* devido à presença de algas epifítias. Porém a maioria dos organismos não se encontra dependente dessa fonte de alimentação, explicando-se, desta forma, que a sua presença se deve à estrutura da macroalga. Por sua vez, *C. crispus* apresenta pouca presença de algas epifítas, o que se traduz em percentagens bastante inferiores de herbívoros e raspadores, em detrimento do aumento substancial de predadores. Neste caso torna-se evidente a falta de suporte para justificar a procura desta macroalga como fonte de alimentação direta, mas sim uma influência da estrutura de *C. crispus* na comunidade de macroinvertebrados. Em *C. tamariscifolia*, volta-se a verificar um aumento dos herbívoros e raspadores, provavelmente devido ao aumento substancial de algas epifítas presentes. Contudo, isto deve-se ao aumento da complexidade estrutural da macroalga, que origina a oportunidade de uma maior e mais diversificada associação de algas epifítas. Ainda, o facto de os organismos filtradores e predadores continuarem a predominar nesta alga ajudam-nos a concluir que existe uma influência estrutural na comunidade e não uma influência alimentar.

Os resultados obtidos neste trabalho vão assim de encontro à bibliografia existente, onde vários autores defendem que variações na estrutura do habitat, influenciam a composição das assembleias de organismos associados (Dean & Connell, 1987). Em macroalgas com estruturas mais complexas, ocorre um decréscimo das taxas de mortalidade por predação, devido ao “efeito de refúgio”, uma vez que existe maior número de abrigos disponíveis (Juanes, 2007; Piko & Szedlmayer, 2007), um decréscimo das ações hidrodinâmicas e um “efeito de filtro” de espécies coletoras, relacionando processos hidrodinâmicos e suplemento de larvas (Morse, 1992).

Em resumo, algumas espécies podem selecionar o seu “hospedeiro” tendo em conta a sua complexidade estrutural e não as suas preferências alimentares diretas (Gee & Warwick, 1994). Devemos então reter que uma maior complexidade estrutural leva a um aumento da disponibilidade de alimento, assim como o aumento de diferentes fontes de alimentação indireta (Bell & Westoby, 1986).

#### **4.1. Conclusões**

Concluindo, verificou-se que a composição de espécies da macrofauna associada às macroalgas varia consoante a espécie, ou seja, está intrinsecamente ligada à sua morfologia. Podemos ainda reforçar o papel da *C. tamariscifolia* como espécie formadora de habitat, uma vez que os dados demonstraram que nela existe uma maior abundância de organismos, tanto ao nível taxonómico como quantitativo, promovida pela sua arquitetura arbustiva.

#### **4.2. Considerações Finais**

Apesar de todos os resultados estatísticos apoiarem a existência de diferenças significativas entre as comunidades das macroalgas, para se demonstrar com clareza que os resultados obtidos se devem à estrutura da alga, seria interessante no futuro, utilizar substratos artificiais que se assemelhassem às estruturas das algas. Desta forma descartaríamos incertezas sobre os motivos que levam os organismos a associarem-se às macroalgas, como por exemplo, atrações químicas (Pawlik, 1990; Underwood, 1979) e fonte de alimentação direta (Worthington & Fairweather, 1989, Brawley, 1992). Seria ainda interessante comparar os resultados obtidos, com dados de outros locais, bem como de praias próximas, por exemplo, as praias do Mediterrâneo, de forma a realizar-se uma análise mais profunda do papel estrutural de *C. tamariscifolia*, face a condições abióticas distintas (por exemplo atividades hidrodinâmicas, temperaturas, salinidade e disponibilidade de nutrientes).

Verificou-se que a quantidade de *C. tamariscifolia* presente nos locais de amostragem era reduzida e que atualmente está a ser substituída por espécies de algas vermelhas. O seu eventual desaparecimento levará, com certeza, à perda de muitas comunidades diversificadas de macroinvertebrados, já que como se observou neste estudo esta é uma importante formadora de habitats.

De salientar, ainda, que durante a triagem, foram observados vários microplásticos e pequenos fios de rede de pesca, presos entre as algas e organismos, o que revela uma realidade preocupante da poluição atual até mesmo nos micro-habitats do Oceano.



## **5. Bibliografia**

---



## 5. Bibliografia

- Afonso, E.; Arnal, I.; Arrontes, J. e Al, E. (2000). Biology. In: O. Comission (Ed.) *Quality status report 2000: Region IV - Bay of Biscay and Iberian Coast 4*. OSPAR Comission, London: 82-113.
- Ager, O.E.D. (2008). *Cystoseira tamariscifolia* Rainbow wrack. In Tyler-Walters H. and Hiscock K. (eds) *Marine Life Information Network: Biology and Sensitivity Key Information Reviews*, [online]. Plymouth: Marine Biological Association of the United Kingdom. Available from: <http://www.marlin.ac.uk/species/detail/191>
- Araujo, R., Gómez, I., e Machordom, A. (2005). The identity and biology of *Unio mancus* Lamarck, 1819 (= *U. elongatulus*) (Bivalvia: Unionidae) in the Iberian Peninsula. *Journal of Molluscan Studies*, 71(1), 25-31.
- Ardre, F. (1970). *Contribution à l'étude des algues marines du Portugal. 1, La flore*.
- Ardre, F. (1971). Contribution à l'étude des algues marines du Portugal. II. Ecologie et chorologie. *Biarritz Cent Etud Rech Sci Bull*.
- Ballesteros, E., Martin, D., e Uriz, M. J. (1992). Biological activity of extracts from some Mediterranean macrophytes. *Botanica Marina*, 35(6), 481-486.
- Ballesteros, E., e Romero, J. (1988). Zonation patterns in tideless environments (Northwestern Mediterranean): looking for discontinuities in species distributions.
- Bell, J. D., e Westoby, M. (1986). Abundance of macrofauna in dense seagrass is due to habitat preference, not predation. *Oecologia*, 68(2), 205-209.
- Benedetti-Cecchi, L. e Cinelli, F. (1992). Canopy removal experiments in *Cystoseira* dominated rockpools from the western coast of the Mediterranean (Ligurian Sea). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 155, 69–83.
- Braun-Blanquet, J., Braun-Blanquet, G., Rozeira, A., e da Silva, A. P. (1973). Résultats de Trois Excursions Géobotaniques à travers le Portugal Septentrional et Moyen. IV. Esquisse sur la végétation dunale. *Agronomia lusitana*.
- Brawley, S. H. (1992). Mesoherbivores. *Plant-animal interactions in the marine benthos*. Clarendon Press, Oxford, 235-263.

- Bulleri, F., Benedetti-Cecchi, L., Acunto, S., Cinelli, F., e Hawkins, S. J. (2002). The influence of canopy algae on vertical patterns of distribution of low-shore assemblages on rocky coasts in the northwest Mediterranean. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 267(1), 89-106.
- Campbell, A. C., Nicholls, J., Múrias, A., dos Santos, P. T., e Soares, M. (1994). *Fauna e flora do litoral de Portugal e Europa*.
- Cardozo, K. H., Guaratini, T., Barros, M. P., Falcão, V. R., Tonon, A. P., Lopes, N. P., ... e Pinto, E. (2007). Metabolites from algae with economical impact. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 146(1), 60-78.
- Carey, C. (2010). *Ecological zonation on the rocky shore*.
- Carvalho, J. C., Cardoso, P., Crespo, L. C., Henriques, S., Carvalho, R., e Gomes, P. (2011). Biogeographic patterns of spiders in coastal dunes along a gradient of mediterraneity. *Biodiversity and conservation*, 20(4), 873-894.
- Cecílio, T. M. P. (2012). Guia de Identificação Invertebrados Marinhos da Baía de Buarcos.
- Chapman, V. J. (1957). Marine algal ecology. *Bot. Rev.* 23:320–50.
- Chemello, R., e Milazzo, M. (2002). Effect of algal architecture on associated fauna: some evidence from phytal molluscs. *Marine Biology*, 140(5), 981-990.
- Cheminee, A., Sala, E., Pastor, J., Mangialajo, L., Cottalorda, J. M., Bodilis, P., ... e Francour, P. (2010). Algal forests and the replenishment of Mediterranean rocky fishes. *Consequences of the decline of Cystoseira forests on Mediterranean juvenile fish populations. ICES*, Q17.
- Clarke, K. R. (1993). Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian journal of ecology*, 18(1), 117-143.
- Clark, J. R. (Ed.). (1995). *Coastal zone management handbook*. CRC Press.
- CMIA – Centro de Monitorização e Interpretação Ambiental de Viana do Castelo (2012) *MARgens com vida*.
- Coelho, H. S., Neves, R. R., Leitão, P. C., Martins, H., e Santos, A. P. (1999). The slope current along the western European margin: A numerical investigation. *Boletim-Instituto Espanol de Oceanografia*, 15(1/4), 61-72.

- Coelho, H. S., Neves, R. J. J., White, M., Leitao, P. C., e Santos, A. J. (2002). A model for ocean circulation on the Iberian coast. *Journal of Marine Systems*, 32(1), 153-179.
- COLE, K.M. e SHEATH, R.G. (1990) Biology of the red algae. Cambridge University Press, Cambridge England; New York, ix, 517 pp.
- Daveau, S. (1985). *Mapas climáticos de Portugal: nevoeiro e nebulosidade, contrastes térmicos* (Vol. 7). Centro de Estudos Geográficos.
- Davenport, J., Butler, A., e Cheshire, A. (1999). Epifaunal composition and fractal dimensions of marine plants in relation to emersion. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, 79(02), 351-355.
- Dayton, P. K. (1971). Competition, disturbance, and community organization: the provision and subsequent utilization of space in a rocky intertidal community. *Ecological Monographs*, 351-389.
- Dayton, P. K. (1972). Toward an understanding of community resilience and the potential effects of enrichments to the benthos at McMurdo Sound, Antarctica. In *Proceedings of the colloquium on conservation problems in Antarctica*. Allen Press, Lawrence, Kansas, USA (pp. 81-95).
- Dean, R. L., e Connell, J. H. (1987). Marine invertebrates in an algal succession. III. Mechanisms linking habitat complexity with diversity. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 109(3), 249-273.
- Dixon, P. S., e Irvine, L. M. (1995). *Seaweeds of the British Isles*. The Nature History Museum.
- Draisma, S. G., Ballesteros, E., Rousseau, F., e Thibaut, T. (2010). DNA sequence data demonstrate the polyphyly of the genus *Cystoseira* and other sargassaceae genera (Phaeophyceae) 1. *Journal of phycology*, 46(6), 1329-134.
- Duffy, J. E., e Hay, M. E. (1994). Herbivore resistance to seaweed chemical defense: the roles of mobility and predation risk. *Ecology*, 75(5), 1304-1319.
- Duggins, D. O., e Dethier, M. N. (1985). Experimental studies of herbivory and algal competition in a low intertidal habitat. *Oecologia*, 67(2), 183-191.

- Duggins, D. O., Eckman, J. E., e Sewell, A. T. (1990). Ecology of understory kelp environments. II. Effects of kelps on recruitment of benthic invertebrates. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 143(1-2), 27-45.
- Dunson, W. A., e Travis, J. (1991). The role of abiotic factors in community organization. *American Naturalist*, 1067-1091.
- Edgar, G. J. (1983). The ecology of south-east Tasmanian phytal animal communities. IV. Factors affecting the distribution of amphitoid amphipods among algae. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 70(3), 205-225.
- Egan, S., Harder, T., Burke, C., Steinberg, P., Kjelleberg, S., & Thomas, T. (2013). The seaweed holobiont: understanding seaweed–bacteria interactions. *FEMS Microbiology Reviews*, 37(3), 462-476.
- Fairweather, P. G. (1990). Sewage and the biota on seashores: assessment of impact in relation to natural variability. *Environmental Monitoring and Assessment*, 14(2-3), 197-210.
- Fish, J. D., e Fish, S. (2011). *A student's guide to the seashore*. Cambridge University Press.
- Fredericq, S., Brodie, J., e Hommersand, M. H. (1992). Developmental morphology of *Chondrus crispus* (Gigartinales, Rhodophyta). *Phycologia*, 31(6), 542-563.
- Gaspar R. (2002). *Coleção de macroalgas da costa portuguesa: estudo fitossociológico da Baía de Buarcos*. Relatório de estágio científico. Universidade de Coimbra.
- Gee, J. M., e Warwick, R. M. (1994). Metazoan community structure in relation to the fractal dimensions of marine macroalgae. *Marine Ecology Progress Series*, 103, 141-150.
- Giaccone, G., e Bruni, A. (1973). *Le Cistoseire e la vegetazione sommersa del Mediterraneo*. Univ. degli Studi.
- Giaccone, G., e Catra, M. (2004). Rassegna sugli indici di valutazione ambientale con macroalghe per definire lo stato ecologico delle acque costiere del Mediterraneo (Direttiva 2000/60/CE). *Biologia Marina Mediterranea*, 11(1), 57-67.
- Graham, M. H. (2004). Effects of local deforestation on the diversity and structure of southern California giant kelp forest food webs. *Ecosystems*, 7(4), 341-357.

- Guinda, X., Juanes, J. A., Puente, A., e Revilla, J. A. (2008). Comparison of two methods for quality assessment of macroalgae assemblages, under different pollution types. *Ecological Indicators*, 8(5), 743-753.
- Guiry, M. D. (2001). Macroalgae of Rhodophycota, Phaeophycota, Chlorophycota, and two genera of Xanthophycota. *Collection Patrimoines Naturels*.
- Harvey, M. J., e McLachlan, J. L. (1973). *Chondrus crispus* (Vol. 27). Hali.
- Hayward, P. J., e Ryland, J. S. (1995). *Handbook of the marine fauna of North-West Europe*. Oxford University Press.
- Hawkins, B. A. (2001). "Ecology's oldest pattern?". *TRENDS in Ecology and Evolution*, 16(8), 470.
- Hesse, R., Allee, W. C., e Schmidt, K. P. (1937). *Ecological animal geography*.
- Hoffmann, A. A., e Blows, M. W. (1994). Species borders: ecological and evolutionary perspectives. *Trends in Ecology & Evolution*, 9(6), 223-227.
- Horner-Devine, M. C., Silver, J. M., Leibold, M. A., Bohannon, B. J., Colwell, R. K., Fuhrman, J. A., ... e Øvreås, L. (2007). A comparison of taxon co-occurrence patterns for macro-and microorganisms. *Ecology*, 88(6), 1345-1353.
- IGP - Instituto Geográfico Português (2013). Atlas de Portugal. [http://www.igeo.pt/atlas/cap1/Cap1b\\_2.html](http://www.igeo.pt/atlas/cap1/Cap1b_2.html), consultado em 14 de março de 2013.
- Jenkins, S. R., Hawkins, S. J., e Norton, T. A. (1999). Direct and indirect effects of a macroalgal canopy and limpet grazing in structuring a sheltered inter-tidal community. *Marine Ecology Progress Series*, 188, 81-92.
- Jones, C. G., Lawton, J. H., e Shachak, M. (1994). Organisms as ecosystem engineers. In *Ecosystem management* (pp. 130-147). Springer New York.
- Juanes, F. (2007). Role of habitat in mediating mortality during the post-settlement transition phase of temperate marine fishes. *Journal of Fish Biology*, 70(3), 661-677.
- Kopp, J., e Perez, J. (1979). Contribution à l'étude de l'algue rouge *Chondrus crispus* Stackh. Relation entre la croissance, la potentialité sexuelle, la quantité e la composition de carraghénanes. *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes*, 42, 291-324.

- Legendre, P., e Legendre, L. (2012). Multiscale analysis: spatial eigenfunctions. Chapter 14 in: Numerical ecology, 3rd English edition.
- Lemos, R. T., e Pires, H. O. (2004). The upwelling regime off the west Portuguese coast, 1941–2000. *International Journal of Climatology*, 24(4), 511-524.
- Lewis, J. R. (1964). The ecology of rocky shores English University Press. *London, UK*.
- Lima, A. L. C. (2013). Identificação e caracterização da flora algal e avaliação do estado ecológico de praias do concelho de Peniche.
- Lincoln, R. J. (1979). *British marine amphipoda: Gammaridea* (No. 818). British Museum (Natural History).
- Luning, K. (1990). Seaweeds. *Their environment, biogeography and ecophysiology*. NY: Wiley and Sons.
- MacFarlane, C. I. (1968). *Chondrus crispus* Stackhouse—a synopsis. *Seaweeds Divisions, Nova Scotia Research Foundation, Halifax*.
- Magurran, A. E. (2004). *Measuring Biological Diversity*. African Journal of Aquatic Science.
- Mangialajo, L., Chiantore, M., e Cattaneo-Vietti, R. (2008). Loss of furoid algae along a gradient of urbanisation, and structure of benthic assemblages. *Marine Ecology Progress Series*, 358, 63-74.
- Mann, K. H. (1973). Seaweeds: their productivity and strategy for growth. *Science*, 182(4116), 975-981.
- Martins, C.G. (1993) Oceanus 2.0. Dep. Gestão Financeira do Min. de Educação, Lisboa, 41 pp.
- Mc Cook, L.J., Chapman, A.R.O., 1991. *Community structure following massive ice scour on an exposed rocky shore: effects of Fucus canopy algae and of mussels during late succession*. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 154,137–169.
- Matos, J. (2015). Types of coast in continental Portugal. Available from: <http://jpmdesign.pt/images>
- McCook, L. J., e Chapman, A. R. O. (1991). Community succession following massive ice-scour on an exposed rocky shore: effects of Fucus canopy algae and of mussels during late succession. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 154(2), 137-169.

- Menge, B. A., e Sutherland, J. P. (1987). Community regulation: variation in disturbance, competition, and predation in relation to environmental stress and recruitment. *American Naturalist*, 730-757.
- Menge, B. A. Branch, M., (2000). *Rocky intertidal communities*. In: Bertness, M. D., Gaines, S.D., Hay, M., Sinauer Associates, Sunderland, MA (Eds.), *Marine Community Ecology*. Inc. Publishers, Sunderland, Massachusetts, pp. 221–251.
- Molles, M. (2002). *Ecology: Concepts and Applications 2ª Edição*. McGraw Hill, 586 pp.
- Monteiro, S. M., Chapman, M. G., e Underwood, A. J. (2002). Patches of the ascidian *Pyura stolonifera* (Heller, 1878): structure of habitat and associated intertidal assemblages. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 270(2), 171-189.
- Moore, P., Hawkins, S. J., e Thompson, R. C. (2007). Role of biological habitat amelioration in altering the relative responses of congeneric species to climate change. *Marine Ecology Progress Series*, 334, 11-19.
- Morse, A. N. C. (1992). Role of algae in the recruitment of marine invertebrate larvae. *Plant-animal interactions in the marine benthos*, 46, 385-403.
- Murray, S. N., e Littler, M. M. (1978). Patterns of algal succession in a perturbed marine intertidal community. *Journal of Phycology*, 14(4), 506-512.
- Naylor, E. (1972). British marine isopods. Keys and notes for the identification of the species. Synopses of the British Fauna NS No. 3.
- Nybakken, J. W. (2001). *Marine biology: an ecological approach*. 5ª Edição. Ed. Addison Wesley Educational Publishers, 481pp.
- Orfanidis, S., Panayotidis, P., e Stamatis, N. (2001). Ecological evaluation of transitional and coastal waters: a marine benthic macrophytes-based model. *Mediterranean Marine Science*, 2(2), 45-66.
- Paine, R. T. (1969). A note on trophic complexity and community stability. *The American Naturalist*, 103(929), 91-93.

- Pawlik, J. R. (1990). Natural and artificial induction of metamorphosis of *Phragmatopoma lapidosa californica* (Polychaeta: Sabellariidae), with a critical look at the effects of bioactive compounds on marine invertebrate larvae. *Bulletin of Marine Science*, 46(2), 512-536.
- PEC - Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia, Diretiva 2000/60/CE – Diretiva Quadro da Água, Comissão Europeia, Jornal Oficial das Comunidades Europeias L327, Luxemburgo, 22 de dezembro de 2000.
- Peliz, Á., Rosa, T. L., Santos, A. M. P., e Pissarra, J. L. (2002). Fronts, jets, and counter-flows in the Western Iberian upwelling system. *Journal of marine systems*, 35(1), 61-77.
- Pereira, L. (2004). *Estudos em macroalgas carragenófitas (Gigartinales, Rhodophyceae) da costa portuguesa—aspectos ecológicos, bioquímicos e citológicos* (Doctoral dissertation, Ph. D. Thesis. Departamento de Botânica–FCTUC).
- Pereira, L. (2009). Guia ilustrado das macroalgas: conhecer e reconhecer algumas espécies da flora portuguesa.
- Pereira, L. (2010). Littoral of Viana do Castelo – *ALGAE* (Bilingue). Published by: Câmara Municipal de Viana do Castelo. 68p. ISBN: 978-972-588-217-7.
- Pereira, Susana Daniela da Costa Dias (2014). *Macrofauna associada às estruturas de fixação de Saccorhiza polyschides (Lightfoot) Batters 1902*. Ph.D. Thesis. Department of Biology, Universidade do Minho, 41 pp.
- Piko, A. A., e Szedlmayer, S. T. (2007). Effects of habitat complexity and predator exclusion on the abundance of juvenile red snapper. *Journal of Fish Biology*, 70(3), 758-769.
- Pinedo, S., García, M., Satta, M. P., De Torres, M., e Ballesteros, E. (2007). Rocky-shore communities as indicators of water quality: a case study in the Northwestern Mediterranean. *Marine Pollution Bulletin*, 55(1), 126-135.
- Pizzuto, F. (1999). On the structure, typology and periodism of a *Cystoseira brachycarpa* J. Agardh emend. Giaccone community and of a *Cystoseira crinita* Duby community from the eastern coast of Sicily (Mediterranean Sea). *Plant Biosystem*, 133(1), 15-35.
- Pringle, J. D., e Mathieson, A. C. (1987). *Chondrus crispus* Stackhouse 1. *Case studies of seven commercial seaweed resources*, (281-282), 49.

- Reed, D. C., e Foster, M. S. (1984). The effects of canopy shading on algal recruitment and growth in a giant kelp forest [Macrocystis, Pterygophora]. *Ecology: a publication of the Ecological Society of America*.
- Ribera, M. A., Gomez Garreta, A., Gallardo, T., Cormaci, M., Furnari, G., e Giaccone, G. (1992). Check-list of Mediterranean seaweeds. I. Fucophyceae (Warming, 1884). *Botanica marina*, 35(2), 109-130.
- Riolfi, T. A. (2013). Características fotossintéticas de produtores primários de ambientes lóticos.
- Rodrigues, J. E. M. (1957). Contribuição para o conhecimento das algas marinhas da baía de Buarcos. In *Publicações do XXIII Congresso Luso-Espanhol, Separata do Tomo V* (pp. 1-15).
- Rosenzweig, M. L. (1995). *Species diversity in space and time*. Cambridge University Press.
- Oksanen, J., Blanchet, F. G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P. R., O'Hara, R. B., ... e Oksanen, M. J. (2013). Package 'vegan'. *Community ecology package, version, 2*(2.0-10). <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>.
- Saldanha, L., e da Fonseca Sacarrão, G. (1997). *Fauna Submarina Atlantica: Portugal Continental, Acores, Madeira*.
- Sales, M., e Ballesteros, E. (2009). Shallow Cystoseira (Fucales: Ochrophyta) assemblages thriving in sheltered areas from Menorca (NW Mediterranean): relationships with environmental factors and anthropogenic pressures. *Estuarine, coastal and shelf science*, 84(4), 476-482.
- Sarkar, D., Sarkar, M. D., e KernSmooth, S. (2015). Package 'lattice'.
- Schiel, D. R., e Foster, M. S. (2006). The population biology of large brown seaweeds: ecological consequences of multiphase life histories in dynamic coastal environments. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 343-372.
- Schmidt, A. L., e Scheibling, R. E. (2006). A comparison of epifauna and epiphytes on native kelps (Laminaria species) and an invasive alga (*Codium fragile* ssp. tomentosoides) in Nova Scotia, Canada. *Botanica Marina*, 49(4), 315-330.
- Schneider, F. I., e Mann, K. H. (1991). Species specific relationships of invertebrates to vegetation in a seagrass bed. II. Experiments on the importance of macrophyte shape, epiphyte cover and predation. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 145(1), 119-139.

- Snelgrove, P. V. (1998). The biodiversity of macrofaunal organisms in marine sediments. *Biodiversity & Conservation*, 7(9), 1123-1132.
- 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: 176-184.
- Sousa-Pinto, I., e Araújo, R. (2006). The seaweed resources of Portugal. *World seaweed resources: an authoritative reference system*, 1.
- Spilhaus, A. F. (1942). Maps of the whole world ocean. *Geographical Review*, 32(3), 431-435.
- Stackhouse, J. (1797). Nereis Britannica. Fasc. 2. Bath. 1809. Tentamen marino-cryptogamicum. *Mem. Soc. Nat. de Moscou*, 2.
- Steneck, R. S., Graham, M. H., Bourque, B. J., Corbett, D., Erlandson, J. M., Estes, J. A., e Tegner, M. J. (2002). Kelp forest ecosystems: biodiversity, stability, resilience and future. *Environmental conservation*, 29(04), 436-459.
- Team, R. C. (2014). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2013.
- Thompson, R. C., Crowe, T. P., e Hawkins, S. J. (2002). Rocky intertidal communities: past environmental changes, present status and predictions for the next 25 years. *Environmental Conservation*, 29(02), 168-191.
- Underwood, A. J. (1979). The ecology of intertidal gastropods. *Advances in marine biology*, 16, 111-210.
- Wallace, J. M., e Vogel, S. (1994). *El Nino and Climate Prediction-Reports to the Nation on Our Changing Climate*. Technical Report, University Corporation for Atmospheric Research 1994. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) Award No. NA27GP0232-01.
- Williams, G. A., e Seed, R. (1992). Interactions between macrofaunal epiphytes and their host algae. *Plant-animal interactions in the marine benthos. Systematics Association Special*, 46, 189-211.
- Worthington, D. G., e Fairweather, P. G. (1989). Shelter and food: interactions between *Turbo undulatum* (Archaeogastropoda: Turbinidae) and coralline algae on rocky seashores in New South Wales. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 129(1), 61-79.

