



Interreg
España - Portugal

Fondo Europeo de Desarrollo Regional
Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional



UNIÓN EUROPEA
UNIÃO EUROPEIA



ALGALUP

· Green future ·

E.2.1.3.a AVALIAÇÃO SAZONAL DA BIOMASSA DE MACROALGAS E VARIAÇÃO DA SUA COMPOSIÇÃO QUÍMICA

ALGALUP - Alternativa integral para la explotación de
macroalgas en la zona del Galicia y Portugal

0558_ALGALUP_6_E

Março 2022

ÍNDICE

Índice de figuras	3
Índice de tabelas	5
1. Introdução geral	6
Galiza	8
Portugal	8
2. Material e métodos	10
2.1 Espécies-alvo	10
2.2 Área de estudo	13
Galiza	13
Portugal	14
2.3 Metodologia de amostragem	15
Galiza	16
Portugal	18
2.4 Relação percentagem cobertura e biomassa	18
3. Resultados e discussão	19
3.1 Parâmetros físico-químicos	19
Galiza	19
3.2 Avaliação sazonal da biomassa das espécies-alvo	20
Galiza	20
Portugal	27
Conclusões preliminares	31
3.3 Composição bioquímica de macroalgas	33
Galiza	33
Portugal	37
Conclusões preliminares	41
Referências	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Codium</i> spp.....	10
Figura 2 <i>Mastocarpus stellatus</i>	11
Figura 3 <i>Osmundea pinnatifida</i>	11
Figura 4 <i>Chondracanthus acicularis</i>	12
Figura 5 <i>Chondrus crispus</i>	12
Figura 6 Fotografias aéreas da área de estudo: (a) Península Ibérica, (b) Galiza, (c) Ria de Vigo - localização de (1) Cabo Home, (2) Cabo Silleiro e (3) Estreito de Rande (fonte: Google Earth). 13	
Figura 7 Fotografia aérea da Ria de Vigo e localização dos afloramentos rochosos que foram objeto de estudo: O Vao (OV) e Monte Lourido (ML) (fonte: GoogleEarth).....	14
Figura 8 Localização geográfica das áreas de estudo: (a) Viana do Castelo e (b) Aguçadoura, em Portugal.	15
Figura 9 Exemplo de quadrado a usar para a determinação da percentagem de cobertura.....	15
Figura 10 Procedimento de amostragem.	16
Figura 11 Fotografias do afloramento rochoso de O Vao (OV) tiradas em novembro 2020 (nov-20), agosto 2020 (ago-20), janeiro 2021 (jan-21) e abril 2021 (abr-21).....	17
Figura 12 Fotografias do afloramento rochoso de ML (Monte Lourido) tiradas em outubro 2020 (oct-20), novembro 2020 (nov-20), janeiro 2021 (jan-21) e abril 2021 (abr-21).	17
Figura 13 Fotografia aérea das zonas de O Vao (OV) e Monte Lourido (ML) indicando as duas áreas de amostragem: Zona 1: azul; Zona 2: laranja (fonte: Google Earth).	17
Figura 14 Biomassa média das 5 espécies de macroalgas nos dois períodos sazonais (Média $\pm$ SE, n=16).	21
Figura 15 Biomassa média das 5 espécies-alvo de macroalgas nas duas áreas de estudo.	23
Figura 16 (a) Fotografias de <i>Codium</i> spp. tiradas em ML a 21 de abril e 21 de setembro. (b) Fotografias de <i>O. pinnatifida</i> tiradas em OV a 20 de janeiro e 20 de novembro.	24
Figura 17 Evolução sazonal da biomassa (g ps m ⁻²) das espécies de macroalgas analisadas em O Vao (OV).	25
Figura 18 Evolução sazonal da biomassa (g ps m ⁻²) das espécies de macroalgas analisadas em Monte Lourido (ML).	26
Figura 19 Variação da biomassa de <i>Codium</i> spp. (g.ps.m ⁻²) ao longo de todo o período de amostragem nas duas zonas consideradas das duas praias de estudo (Aguçadoura e Viana do Castelo).....	27

Figura 20 Variação da biomassa de <i>Osmudea pinnatifida</i> (g.ps.m ⁻²) ao longo de todo o período de amostragem nas duas zonas consideradas das duas praias de estudo (Aguçadoura e Viana do Castelo).....	28
Figura 21 Variação da biomassa de <i>Chondrus crispus</i> (g.ps.m ⁻²) ao longo de todo o período de amostragem nas duas zonas consideradas das duas praias de estudo (Aguçadoura e Viana do Castelo).....	29
Figura 22 Variação da biomassa de <i>Chondacanthus acicularis</i> (g.ps.m ⁻²) ao longo de todo o período de amostragem nas duas zonas consideradas das duas praias de estudo (Aguçadoura e Viana do Castelo).	30
Figura 23 Variação da biomassa de <i>Mastocarpus stellatus</i> (g.ps.m ⁻²) ao longo de todo o período de amostragem nas duas zonas consideradas das duas praias de estudo (Aguçadoura e Viana do Castelo).....	31
Figura 24 Comparação dos valores nutricionais das 2 espécies estudadas.....	36
Figura 25 Teor de iodo das 2 espécies de algas (mg/kg).	37
Figura 26 Comparação do teor de ácidos gordos das 2 espécies estudadas.....	37
Figura 27 Percentagem relativa de minerais, proteína, fibra e hidratos de carbono de <i>Codium</i> spp. ao longo do período de amostragem de 2020, nas duas praias de estudo (Aguçadoura e Viana do Castelo).	39
Figura 28 Percentagem relativa de minerais, proteína, fibra e hidratos de carbono de <i>Osmudea pinnatifida</i> ao longo do período de amostragem de 2020, nas duas praias de estudo (Aguçadoura e Viana do Castelo).....	39
Figura 29 Percentagem relativa de minerais, proteína, fibra e hidratos de carbono da <i>Mastocarpus stellatus</i> ao longo do período de amostragem de 2020, nas duas praias de estudo (Aguçadoura e Viana do Castelo).	40
Figura 30 Percentagem relativa de minerais, proteína, fibra e hidratos de carbono da <i>Chondrus crispus</i> ao longo do período de amostragem de 2020, nas duas praias de estudo (Aguçadoura e Viana do Castelo).	40
Figura 31 Percentagem relativa de minerais, proteína, fibra e hidratos de carbono da <i>Chondracanthus acicularis</i> ao do período de amostragem de 2020 na praia de Viana do Castelo.	41

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 Cronologia de amostragens.....	18
Tabela 2 Equações que definem a relação logarítmica entre a biomassa - peso seco (PS) e a percentagem de cobertura (PC) das espécies-alvo.....	19
Tabela 3 Dados dos parâmetros físico-químicos registados em ambos os locais (OV e ML) em cada data de amostragem.....	20
Tabela 4 Valores médios de biomassa de cada uma das espécies-alvo registados nas duas áreas de estudo (Monte Lourido e O Vao) durante os dois períodos de amostragem (O/I e P/V) e em cada uma das zonas consideradas (Z1 e Z2)	22
Tabela 5 Valores nutricionais de <i>Codium</i> spp. e <i>O. pinnatifida</i> . (*) Método Kjeldahl; (**) Método Soxhlet.....	34
Tabela 6 Composição de ácidos gordos de <i>Codium</i> spp. e <i>O. pinnatifida</i> (SAT: saturados, MONO: monoinsaturados; POLI: polinsaturados).	35

1. INTRODUÇÃO GERAL

A Área de Cooperação Transfronteiriça entre Espanha e Portugal caracteriza-se por uma elevada diversidade e qualidade ambiental. O ambiente marinho alberga ecossistemas muito ricos que são objeto de atividades económicas e possuem um elevado potencial de inovação. As águas atlânticas da Galiza e de Portugal (Península Ibérica) (36-43 °N, 7-8 °O) estão incluídas na ecorregião marinha denominada Plataforma Atlântica do Sul da Europa que, de acordo com a definição de ecorregião dada por Spalding et al. (2007), trata-se de uma área relativamente homogénea em termos de composição específica e claramente diferenciada das áreas adjacentes. As macroalgas são um recurso natural muito abundante na Galiza e em Portugal, o que está relacionado com as particulares condições biogeográficas e à diversidade de habitats existentes nestas costas, tornando-as as principais produtoras primárias da costa atlântica. Por esta razão, apesar de cada espécie de macroalga ter um padrão de distribuição geográfico e ecológico próprio, existem inúmeras espécies de interesse que podem ser encontradas ao longo de todo este litoral.

As macroalgas marinhas são amplamente utilizadas para caracterizar e monitorizar ecossistemas costeiros (Piazzi et al. 2002, Juanes et al. 2008) devido à sua alta diversidade, sensibilidade às condições locais e ampla distribuição em praias rochosas temperadas (Petratis et al. 2008). As macroalgas desempenham um papel importante como principais produtores primários (Pereira & Mesquita 2003, Mineur et al. 2015) e fornecedores de alimento, refúgio e habitat para inúmeras espécies (Lorentsen et al. 2004, Christie et al. 2009, Cacabelos et al. 2010). Têm uma grande influência na formação e funcionamento destes ecossistemas, uma vez que desempenham uma variedade de serviços ecossistémicos, nomeadamente a reciclagem de nutrientes e a conversão de dióxido de carbono em oxigénio. Para além da relevância ecológica, há um crescente uso industrial das macroalgas. Muitas espécies são cada vez mais incorporadas nas dietas ocidentais, sendo usadas diretamente para consumo humano (Mohamed et al. 2012), em diferentes aplicações alimentares (Peteiro 2018) e utilizadas para extração comercial de ficocolóides (carragenina, agar e alginato) (Wang et al. 2015). Estes compostos podem ter aplicação em indústrias alimentares (como iogurte e gelado) e na produção de cosméticos (por exemplo, condicionadores de cabelo e pasta de dentes) (Soares et al. 2017). Novas aplicações de biomassa de algas para biorremediação (Reis et al. 2016), produção de biocombustíveis (Ravanal et al. 2019) e biopolímeros têm vindo a ser exploradas (Zhang et al. 2019).

A biomassa de algas marinhas exibe uma variação espaço-temporal significativa (Gaspar et al. 2017) ligada a diferentes fatores bióticos (como a competição e a herbivoria) e abióticos (como a luz e a temperatura) (Fraschetti et al. 2005, Fulton et al. 2014). Por exemplo, as

características geomorfológicas e hidrodinâmicas definem o número de sub-habitats e a estabilidade do substrato, influenciando o desenvolvimento e composição das comunidades de algas (Wells et al. 2007). Portanto, a avaliação da biomassa (ao nível de espécie) é crucial para o desenvolvimento de futuros planos de gestão e o estabelecimento de períodos e limites para a colheita de biomassa.

Embora a composição química das algas varie de acordo com a espécie, estado fisiológico, estação do ano e habitat, são geralmente conhecidas por serem ricas em vitaminas, minerais, polissacarídeos, proteínas e baixo teor de lipídios (1-3% do peso seco da alga). Adicionalmente, as algas ajudam a regular os níveis de colesterol e são utilizadas como antioxidantes naturais na indústria alimentar, o que lhes confere potencial para serem utilizadas na produção de alimentos pouco calóricos e prevenir doenças cardiovasculares e gastrointestinais. A identificação e caracterização de compostos bioativos em algas é o objetivo atual de inúmeros estudos que pretendem encontrar novas moléculas biologicamente ativas com potenciais benefícios no combate a doenças como cancro, alergias, *stress* oxidativo, inflamação, obesidade, diabetes e doenças neurodegenerativas (Plaza et al. 2008, Mohamed et al. 2012, Rodrigues et al. 2015, Nova et al. 2020).

Dada a importância das macroalgas na formação e funcionamento dos ecossistemas marinhos costeiros e o seu potencial como fonte de compostos bioativos de interesse, é importante proteger as suas populações, gerindo a sua exploração de forma sustentável e promovendo o seu cultivo. O conhecimento do estado atual deste recurso natural, bem como a variação sazonal da sua biomassa e composição química, é crucial para responder à crescente procura de produtos derivados de macroalgas. Neste sentido, o projeto ALGALUP visa desenvolver estratégias inovadoras para otimizar a exploração de macroalgas na Galiza e no Norte de Portugal, através de um procedimento abrangente de promoção da investigação e inovação na exploração de macroalgas. Desta forma, será possível promover o cultivo e desenvolver novas formas de utilização da biomassa para alimentação humana, aplicações biomédicas, cosméticas e nutrição na aquicultura. O projeto visa identificar espécies de interesse económico até agora pouco exploradas, realizando uma atualização do *stock* existente, no caso da Galiza, e uma primeira avaliação para a zona Norte de Portugal. As campanhas de amostragem realizadas às diferentes áreas de estudo permitiram identificar os períodos ótimos de colheita com base no perfil bioquímico da biomassa, valor nutricional e/ou capacidade bioativa.

Este documento é um relatório detalhado onde se descreve a metodologia utilizada na recolha de dados, assim como os resultados obtidos e as principais conclusões sobre a

variabilidade sazonal da biomassa e a composição bioquímica das macroalgas de interesse comercial na costa da Galiza e Norte de Portugal.

Galiza

A costa galega é caracterizada por uma grande diversidade de habitats marinhos e uma elevada riqueza específica. Na sua linha de costa, estão presentes afloramentos rochosos de altura variável e extensos areais, destacando-se a presença das rias como agentes geológicos que proporcionam uma vasta gama de ambientes marinhos com áreas expostas, semi-expostas e/ou protegidas da ação direta do mar. O regime de marés é semidiurno com amplitude de maré média de 3 metros. A produção primária desta área é influenciada por um fenómeno sazonal de ressurgência costeira que ocorre principalmente durante os meses de primavera /verão e traz águas profundas ricas em nutrientes.

Relativamente à comunidade de macroalgas, as características próprias da costa da Galiza e a sua grande diversidade de habitats resultam numa grande diversidade, estimando-se cerca de 600 espécies diferentes de macroalgas, o que representa 85% das espécies registadas no Atlântico Nordeste (Bárbara et al. 2005). Muitas espécies de macroalgas encontradas ao longo da costa da Galiza são espécies de água fria, e algumas têm o seu limite de distribuição a Sul no Noroeste da Península Ibérica. Entre estas espécies destacam-se as carragenófitas como *Chondrus crispus* e *Mastocarpus stellatus*, e fucoides como *Ascophyllum nodosum*, *Himanthalia elongata*, *Fucus serratus* e *Pelvetia canaliculata* (Piñeiro-Corbeira et al. 2016).

A análise da avaliação sazonal da biomassa de macroalgas é importante do ponto de vista da monitorização sustentável e quando se trata de determinar em que épocas do ano a sua colheita é mais aconselhável, levando em consideração a biomassa e a composição bioquímica das espécies, que poderá ter interesse para posterior avaliação. Por esta razão, foi realizada uma campanha de monitorização de duas áreas rochosas da costa galega, com frequência trimestral ao longo de dois anos, registando-se a percentagem de cobertura das espécies de interesse comercial selecionadas pelo projeto ALGALUP.

Portugal

Portugal possui uma das maiores zonas económicas exclusivas do mundo, o que significa que a exploração dos seus recursos marinhos é, potencialmente, um dos principais setores do desenvolvimento económico (Santos et al. 2015). Existe uma grande diversidade de espécies encontradas no litoral português (Araújo et al. 2009), no entanto, as macroalgas são um dos recursos aquáticos menos estudados e explorados (Santos et al. 2015). A costa continental portuguesa constitui o limite meridional de quase 40 espécies de macroalgas e

aproximadamente metade delas tem o seu limite de distribuição ao longo da costa Norte do país (Araújo et al. 2009).

Em Portugal, as macroalgas são recolhidas para serem utilizadas como fertilizante na agricultura desde o século XIV (Monagail et al. 2017). Existem principalmente duas misturas de algas usadas artesanalmente como fertilizante agrícola: o “moliço” e o “sargaço”. O “moliço” é uma mistura de algas e ervas marinhas recolhidas na lagoa da Ria de Aveiro (composta principalmente por algas como *Ulva*, *Rhizoclonium*, *Gracilaria* e as angiospermas marinhas *Zostera*, *Ruppia* e *Potamogeton*). O sargaço é também uma mistura de algas (principalmente *Saccorhiza polychides*, *Laminaria*, *Fucus*, *Codium*, *Palmaria* e *Chondrus crispus*) e é tradicionalmente recolhido no Norte de Portugal (Viana do Castelo e Póvoa do Varzim) (Sousa-Pinto 1998). Por outro lado, *Gelidium corneum* é colhido comercialmente por mergulhadores desde 1960 (Santos et al. 2003). Esta espécie é atualmente explorada comercialmente como um dos principais recursos de algas marinhas em Portugal, sendo principalmente colhida ao longo da costa sudoeste para extração de agar (Matos et al. 2020).

Alguns estudos fornecem informações sobre padrões de variação sazonal/espacial focada em espécies com importância económica ao longo da costa portuguesa, por exemplo Borges et al. (2020) e Pinho et al. (2016). No entanto, as variações da biomassa de algas marinhas não foram inteiramente avaliadas ao longo da costa Norte portuguesa, que constitui uma zona de transição biogeográfica (da região Biogeográfica Mediterrânica para a região Biogeográfica Atlântica), resultando numa elevada variabilidade ambiental com efeitos na dinâmica populacional. De forma a melhorar este conhecimento, à semelhança do trabalho realizado na Galiza, foi realizada uma monitorização de duas áreas rochosas da costa Norte Portuguesa, que foram monitorizadas de dois em dois meses ao longo de cerca de dois anos, registando a percentagem de cobertura das espécies-alvo selecionadas pelo projeto ALGALUP.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Espécies-alvo

Da grande diversidade de macroalgas descritas nas costas da Galiza e do Norte de Portugal (Bárbara et al. 2005, Araújo et al. 2009), foram selecionadas 5 espécies representativas de ambas as áreas geográficas e consideradas de interesse pelo consórcio ALGALUP em termos de abundância e potencial interesse comercial (para mais informações consulte o documento *E.2.1.2. Relatório sobre o stock atual de macroalgas de interesse*). As espécies selecionadas, seguindo a nomenclatura de Guiry e Guiry 2021, foram:

Classe Chlorophyta:

***Codium* Stackhouse, 1797** (Figura 1)

Classe Florydeophyceae:

***Mastocarpus stellatus* (Stackhouse) Guiry 1984** (Figura 2)

***Osmundea pinnatifida* (Hudson) Stackhouse 1809** (Figura 3)

***Chondracanthus acicularis* (Roth) Fredericq 1993** (Figura 4)

***Chondrus crispus* Stackhouse 1797** (Figura 5)

***Codium* Stackhouse, 1797**

Codium é um género de macroalga verde (Figura 1) mundialmente distribuído (Trowbridge 2001) e que alberga diferentes espécies e subespécies (Provan & Maggs 2012). Espécies do género *Codium* são encontradas no nível inferior de habitats marinhos expostos e de águas temperadas (Fernández et al. 2014). Nos últimos anos, tem vindo a proliferar a espécie *Codium fragile* (Suringar), uma espécie invasora originária do Pacífico com um comportamento oportunista (Costa et al. 2015). *Codium* é uma fonte de galactanos sulfatados, compostos com propriedades bioativas (por exemplo, anticoagulante e antioxidante).



Figura 1 *Codium* spp..

***Mastocarpus stellatus* (Stackhouse) Guiry 1984**

Mastocarpus stellatus (Figura 2) é uma macroalga vermelha que ocorre nas costas ocidental e oriental no Norte e Centro do oceano Atlântico (Pereira et al. 2014). É encontrada normalmente no nível inferior e/ou médio de praias rochosas, particularmente em áreas muito expostas (Koch et al. 2017). Esta espécie é considerada uma excelente fonte de carrageninas (Pereira 2018) e, como tal, é cada vez mais usada como espessante natural em aplicações que vão desde a alimentação até a indústria farmacêutica (Hilliou et al. 2006). Pode ainda ter uma alta eficácia como bio filtrador de amónio, nitrato e fosfato (Pereira 2004).



Figura 2 *Mastocarpus stellatus*.

***Osmundea pinnatifida* (Hudson) Stackhouse 1809**

Osmudea pinnatifida é uma macroalga vermelha comestível considerada dominante nas zonas do Noroeste da Península Ibérica, habitando o nível inferior e médio da praia (Cardoso et al. 2014). É uma espécie altamente variável em tamanho e coloração, dependendo do nível da praia em que se encontre (Figura 3): no nível superior é geralmente de cor amarelo-verde, devido à exposição a altos níveis de luz solar, enquanto que no nível inferior pode ir de roxo a castanho-avermelhado (Bunker et al. 2010). A sua principal característica é o facto de poder apresentar um cheiro e sabor peculiares (Machín-Sánchez et al. 2018). *O. pinnatifida* é vulgarmente conhecida como “erva malagueta” devido ao seu sabor levemente picante, como tal, depois de seca, pode ser utilizada como tempero (Paiva et al. 2014). É considerada fonte de proteínas, vitaminas A, E, ácidos gordos polinsaturados e minerais (Andrade et al. 2013).



Figura 3 *Osmundea pinnatifida*.

***Chondracanthus acicularis* (Roth) Fredericq 1993**

Chondracanthus acicularis (Figura 4) é uma macroalga vermelha com distribuição documentada nas Ilhas Britânicas, Estados Unidos da América, Mediterrâneo e Atlântico Norte (especialmente em França, Espanha e Portugal). É uma espécie que se encontra em rochas do nível inferior de praias protegidas ou semi-expostas (Guiry 1984) e tolera a presença de grandes coberturas de areia (Bunker et al. 2010). Possui a particularidade de formar tapetes densos e vastos cobrindo o substrato rochoso (Pereira & van de Velde 2011). Em peso seco, é a espécie com maior quantidade de carragenina sendo considerada uma fonte natural deste composto (Pereira & van de Velde 2011).



Figura 4 *Chondracanthus acicularis*.

***Chondrus crispus* Stackhouse 1797**

Chondrus crispus (Figura 5), também conhecido como musgo irlandês, é uma macroalga vermelha comestível, amplamente distribuída e com maior abundância nas costas rochosas do Norte do Atlântico e Pacífico (Pina et al. 2014). A principal característica desta alga é a iridescência azul que pode ser encontrada com frequência no gametófito quando a alga está submersa (Collén et al. 2014). É considerada uma espécie de água fria e cresce nas rochas do nível inferior ou em poças de maré do nível médio de praias rochosas expostas (Bertocci et al. 2012). É uma alga rica em polissacarídeos e minerais que possuem efeitos hidratantes e terapêuticos (Wang et al. 2015) destacando-se as carrageninas, uma vez que é uma das algas mais usadas na produção deste metabolito (Pereira 2018).



Figura 5 *Chondrus crispus*.

2.2 Área de estudo

Galiza

A análise da variação sazonal da biomassa de macroalgas na costa da Galiza foi realizada na zona da ria de Vigo (Figura 6). Esta ria é a mais meridional das Rias Baixas, com uma foz de 15km de extensão (desde o Cabo de Home até ao Cabo Silleiro) e 700m no seu interior (Estreito de Rande). A sua foz, protegida pelas Ilhas Cies, possui uma entrada Norte e uma entrada Sul com profundidades de 30m e 55m, respetivamente. O Estreito de Rande tem uma profundidade de cerca de 7m.

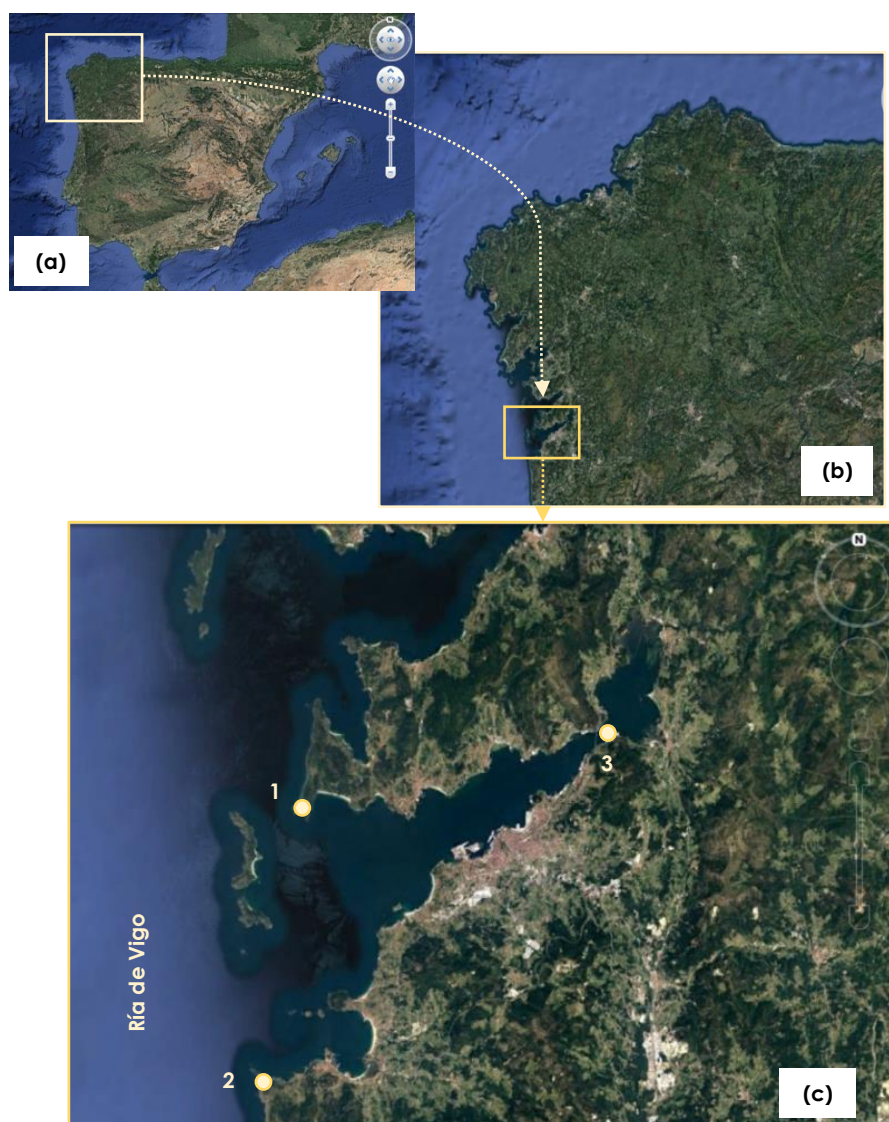


Figura 6 Fotografias aéreas da área de estudo: (a) Península Ibérica, (b) Galiza, (c) Ria de Vigo - localização de (1) Cabo Home, (2) Cabo Silleiro e (3) Estreito de Rande (*fonte: Google Earth*).

A ressurgência costeira, responsável pelas baixas temperaturas da água durante o verão, é a principal causa da riqueza específica encontrada nesta área. Cerca de 80% da área

total da ria está sujeita ao domínio de processos marinhos marcadamente definidos pela ação das ondas e da maré, aos quais também se incorporam fenómenos sazonais de ressurgência. Foram selecionadas duas áreas rochosas (áreas de amostragem) na ria de Vigo e, de forma a realizar uma monitorização sazonal da biomassa de macroalgas, a amostragem decorreu trimestralmente durante dois anos (Figura 7). Ambos os locais foram selecionados com base em critérios de acessibilidade e abundância de macroalgas.

(1) **O Vao (OV)** 42.1205° N – 8.4708° O: localizado a meio da ria e formado por um conjunto de rochas graníticas dispostas perpendicularmente à linha de costa, semi-expostas às ondas e sujeitas a um certo grau de eutrofização, uma vez que está localizado numa área residencial.

(2) **Monte Lourido (ML)** 42.0726° N – 7.4936° O: situado na zona exterior da ria de Vigo. Constitui um intertidal rochoso íngreme, com áreas de fissuras, mais exposto à ondulação e sujeito a um menor grau de eutrofização do que o OV.

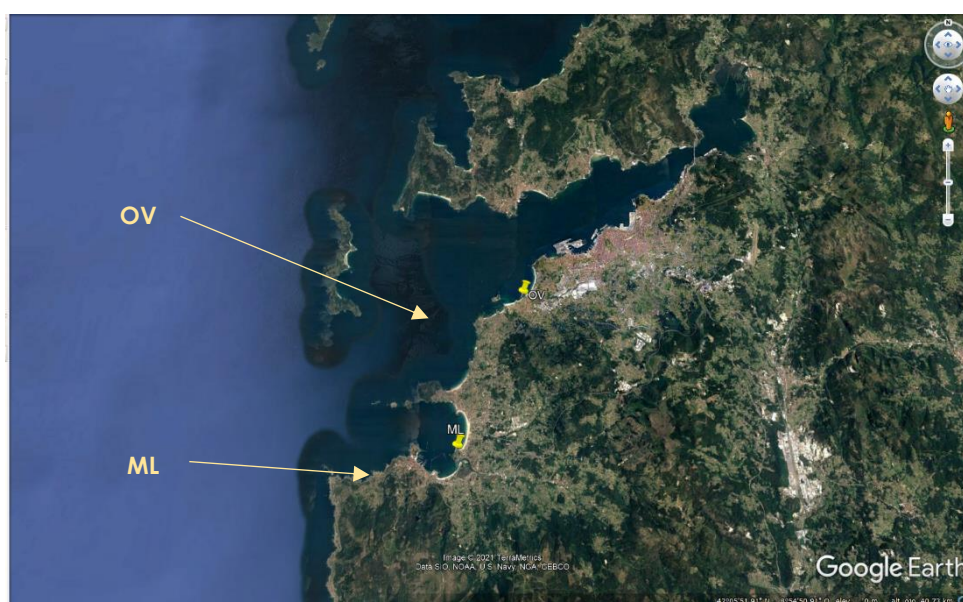


Figura 7 Fotografia aérea da Ria de Vigo e localização dos afloramentos rochosos que foram objeto de estudo: O Vao (OV) e Monte Lourido (ML) (fonte: GoogleEarth).

Portugal

A amostragem decorreu em duas praias rochosas do Norte de Portugal – Praia de Aguçadoura (41.430° N; 8.784° O) e Praia de Viana do Castelo (41.697° N; 8.853° O) (Figura 8). As praias distam cerca de 44km e caracterizam-se por extensas plataformas rochosas, com fendas e poças de maré, e elevada abundância das espécies-alvo, exceto *C. acicularis* que só foi observado em Viana do Castelo. Além disso, foram selecionadas por possuírem suficiente área para a realização do estudo e fácil acesso.

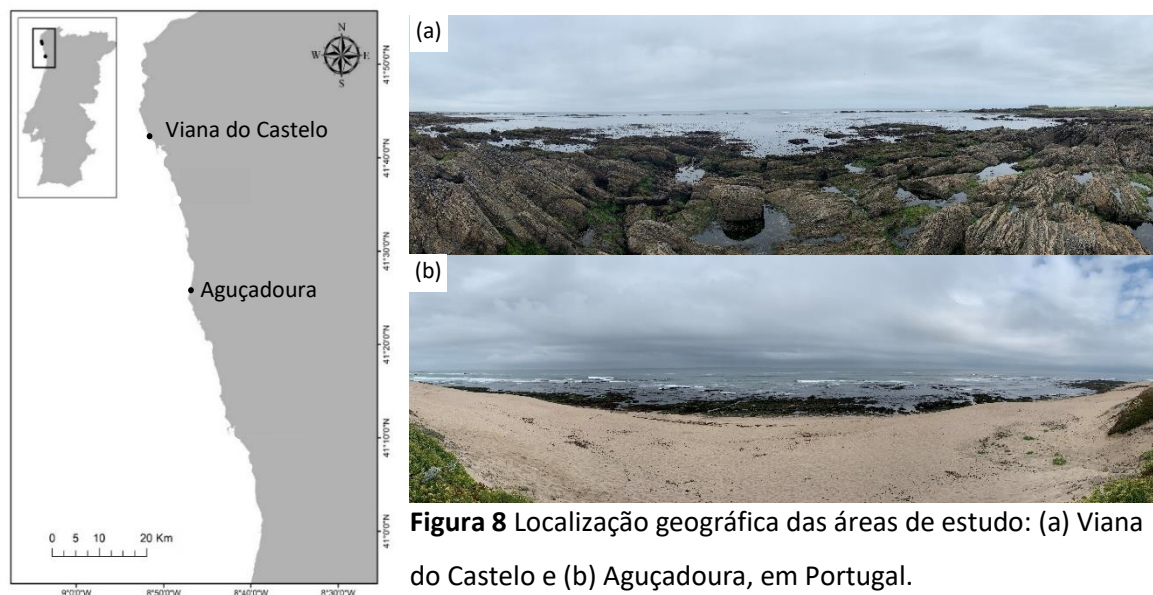


Figura 8 Localização geográfica das áreas de estudo: (a) Viana do Castelo e (b) Aguçadoura, em Portugal.

2.3 Metodologia de amostragem

O método mais utilizado em estudos de comunidade de macroalgas do intertidal rochoso para a avaliação da composição específica é o método do quadrado, normalmente aplicado ao longo de transetos, num nível previamente definido (Cruz-Motta et al. 2010). É um método preciso, eficiente, e a sua principal vantagem é o facto das espécies poderem ser identificadas *in situ* até o nível da espécie, para além de ser uma unidade de amostragem de fácil aplicação. Desta forma, a percentagem de cobertura das cinco espécies-alvo do projeto ALGALUP foi estimada visualmente através de um quadrado com dimensões 50x50 cm, equivalente a 0,25m², subdividido em 25 pequenos quadrados (10x10cm) representando cada um 4% da área total (Figura 9). Embora os tamanhos das unidades amostrais não sejam padronizados para praias rochosas (Blanco et al. 2020), este tamanho foi considerado o mais adequado para o tipo de estudo em questão.



Figura 9 Exemplo de quadrado a usar para a determinação da percentagem de cobertura.

Nas duas áreas de estudo de cada um dos países (Vao e Monte Lourido - Galiza e Praia da Aguçadoura e Praia de Viana - Portugal) foram consideradas duas zonas (Zona 1 e Zona 2). A

amostragem decorreu no nível inferior da praia, considerado o nível com maior diversidade e abundância de macroalgas.

Durante a baixa-mar, em cada uma das zonas, por praia, foram amostrados, aleatoriamente, 10 quadrados e, em cada um deles, registou-se a percentagem de cobertura das cinco espécies-alvo. A colocação de cada um dos quadrados no substrato rochoso realizou-se recorrendo a uma fita métrica de 30 m, estendida paralelamente à linha de costa o mais próximo da linha de água (Figura 10). A localização dos quadrados de amostragem ao longo de cada transeto fez-se recorrendo a tabelas de números aleatórios. De forma a não sobrevalorizar os resultados, os 10 quadrados foram colocados, sempre que possível, intercaladamente à direita e à esquerda da fita métrica.

Para além do registo da percentagem de cobertura, em todas as ocasiões de amostragem, procedeu-se ao registo dos parâmetros físico-químicos da água (temperatura, salinidade, pH e oxigénio dissolvido), assim como à recolha de biomassa fresca das espécies-alvo.



Figura 10 Procedimento de amostragem.

Galiza

A amostragem decorreu trimestralmente durante dois anos consecutivos, com início em setembro de 2019 e término em setembro de 2021. Desta forma, os valores de biomassa correspondentes às quatro estações do ano foram registados e classificados em dois períodos: primavera/verão (P/V) e outono/inverno (O/I): 19 de outubro, 20 de janeiro, 20 de maio, 20 de agosto, 20 de novembro, 21 de janeiro, 21 de abril e 21 de setembro. Nas Figuras 11 e 12 evidenciam-se as mudanças sazonais que foram registadas durante as 8 campanhas de amostragem realizadas em ambas as zonas. Na figura 13 estão representadas as duas zonas selecionadas para efetuar o procedimento de amostragem.

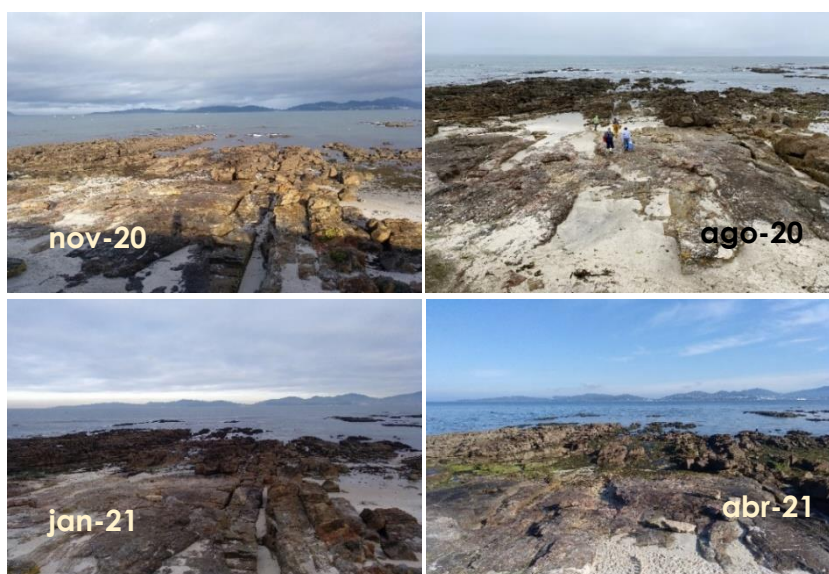


Figura 11 Fotografias do afloramento rochoso de O Vao (OV) tiradas em novembro 2020 (nov-20), agosto 2020 (ago-20), janeiro 2021 (jan-21) e abril 2021 (abr-21).



Figura 12 Fotografias do afloramento rochoso de ML (Monte Lourido) tiradas em outubro 2020 (oct-20), novembro 2020 (nov-20), janeiro 2021 (jan-21) e abril 2021 (abr-21).



Figura 13 Fotografia aérea das zonas de O Vao (OV) e Monte Lourido (ML) indicando as duas áreas de amostragem: Zona 1: azul; Zona 2: laranja (fonte: Google Earth).

Portugal

De forma a efetuar uma análise sazonal, foram realizadas três amostragens em cada período outono/inverno e primavera/verão em cada uma das praias – Aguçadoura e Viana do Castelo. A amostragem teve início em novembro de 2019 e reportam-se neste documento os dados até janeiro de 2022 e em cada uma das praias foram consideradas duas zonas (Zona 1 e Zona 2), conforme a seguinte informação cronológica:

Tabela 1 Cronologia de amostragens.

Outono/Inverno 2019/2020				Primavera/Verão 2019/2020			
Aguçadoura		Viana do Castelo		Aguçadoura		Viana do Castelo	
Zona 1	Zona 2	Zona 1	Zona 2	Zona 1	Zona 2	Zona 1	Zona 2
Sem dados	Sem dados	Novembro 2019	Novembro 2019	Maio 2020	Maio 2020	Maio 2020	Maio 2020
Janeiro 2020	Janeiro 2020	Janeiro 2020	Janeiro 2020	Julho 2020	Julho 2020	Julho 2020	Julho 2020
Março 2020	Março 2020	Março 2020	Março 2020	Setembro 2020	Setembro 2020	Setembro 2020	Setembro 2020
Outono/Inverno 2020/2021				Primavera/Verão 2020/2021			
Aguçadoura		Viana do Castelo		Aguçadoura		Viana do Castelo	
Zona 1	Zona 2	Zona 1	Zona 2	Zona 1	Zona 2	Zona 1	Zona 2
Novembro 2020	Novembro 2020	Novembro 2020	Novembro 2020	Maio 2021	Maio 2021	Maio 2021	Maio 2021
Janeiro 2021	Janeiro 2021	Janeiro 2021	Janeiro 2021	Julho 2021	Julho 2021	Julho 2021	Julho 2021
Março 2021	Março 2021	Março 2021	Março 2021	Setembro 2021	Setembro 2021	Setembro 2021	Setembro 2021
Outono/Inverno 2021/2022							
Aguçadoura		Viana do Castelo					
Zona 1	Zona 2	Zona 1	Zona 2				
Novembro 2021	Novembro 2021	Novembro 2021	Novembro 2021				
Janeiro 2022	Janeiro 2022	Janeiro 2022	Janeiro 2022				

2.4 Relação percentagem cobertura e biomassa

Os dados de percentagem de cobertura registados para cada espécie-alvo foram convertidos em dados de biomassa (g.ps.0,25m^{-2}). Esta conversão foi realizada através de equações de regressão previamente estabelecidas (Tabela 2). Para obter estas equações, amostras de biomassa das espécies-alvo, correspondente a uma gama alargada de percentagens

de cobertura, foram colhidas, pesadas (peso fresco) e secas em estufa (48h, 60 °C) para determinação do peso seco (Borges et al. 2019).

Tabela 2 Equações que definem a relação logarítmica entre a biomassa - peso seco (PS) e a percentagem de cobertura (PC) das espécies-alvo.

Espécies-alvo	Percentagem de Cobertura (PC) vs Biomassa Peso Seco (PS)
<i>Chondrus crispus</i>	$\text{Ln (PS)} = 1,0945 * \text{Ln (PC)} + 0,1799$
<i>Mastocarpus stellatus</i>	$\text{Ln (PS)} = 0,99437 * \text{Ln (PC)} + 0,4012$
<i>Osmundea pinnatifida</i>	$\text{Ln (PS)} = 1,1577 * \text{Ln (PC)} - 0,3686$
<i>Chondracanthus acicularis</i>	$\text{Ln (PS)} = - 0,3488 * \text{Ln (PC)}^2 + 2,2868 * \text{Ln (PC)} - 0,1165$
<i>Codium spp.</i>	$\text{Ln (PS)} = 1,0765 * \text{Ln (PC)} + 0,3749$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Parâmetros físico-químicos

Galiza

Os parâmetros físico-químicos registados durante o estudo (Tabela 2) indicam que a temperatura média da superfície da água do mar foi de 16,3°C e 16,7°C em ML e OV, respetivamente, com as temperaturas máximas registadas em set-21 e as mínimas em jan-21, em ambos os locais. A salinidade e o pH mantiveram-se em valores médios de 32,8 - 33 ‰ e 8,2, respetivamente. Tanto o oxigênio dissolvido como a percentagem da sua saturação apresentaram maior variabilidade espaço-temporal. Os valores médios mais elevados foram registados em O Vao (atingindo máximos em abr-21 e set-21), enquanto os mínimos foram detetados durante jan-20 em ML. Ambos os parâmetros estão diretamente relacionados com as condições de hidrodinamismo, indicando que a área de OV é mais protegida das ondas enquanto ML, localizada na zona ultraperiférica da ria, está sujeita a maior ação das ondas.

Tabela 3 Dados dos parâmetros físico-químicos registados em ambos os locais (OV e ML) em cada data de amostragem.

ÁREA	MÊS	TEMPERATURA (°C)	SALINIDADE (‰)	PH	OXIGÉNIO (mg/ml)	SATURAÇÃO (%)
OV	oct.-19	18.5	33.5	8.4	11.37	120
	jan.-20	12.7	32.0	8.2	11.75	125
	mai.-20	16.4	32.0	8.1	9.23	113
	ago.-20	19.7	33.7	8.2	11.10	140
	nov.-20	16.5	32.8	8.3	13.10	150
	jan.-21	11.3	33.0	8.2	12.00	130
	abr.-21	18.4	32.0	8.2	14.00	130
	set.-21	20.2	33.0	8.2	11.50	159
	Média	16.7	32.8	8.2	11.80	133.4
	Máx.	20.2	33.7	8.4	14.00	159
	Mín.	11.3	32.0	8.1	9.20	113
ML	oct.-19	17.3	33.4	8.2	8.82	111
	jan.-20	13.3	32.4	8.2	8.97	104
	mai.-20	16.8	32.0	8.1	8.95	111
	ago.-20	19.0	33.7	8.1	8.34	110
	nov.-20	16.0	34.1	8.2	10.50	119
	jan.-21	11.3	33.0	8.2	12.00	130
	abr.-21	17.1	32.0	8.2	9.20	112
	set.-21	19.5	33.1	8.2	9.80	121
	Média	16.3	33.0	8.2	9.60	114.8
	Máx.	19.5	34.1	8.2	12.00	130
	Mín.	11.3	32.0	8.1	8.34	104

3.2 Avaliação sazonal da biomassa das espécies-alvo

Galiza

Os valores de biomassa registados ao longo do período de estudo indicam que a espécie mais abundante foi *Codium* spp. com valores médios de biomassa de $19,5 \pm 5,3$ g.ps.m⁻² seguida de *O. pinnatifida*, em ambas as áreas ($12,2 \pm 2,6$ g.ps.m⁻²). Pelo contrário, a espécie com a menor abundância registada foi *M. stellatus* com valores que não ultrapassaram $1,13 \pm 0,89$ g.ps.m⁻².

Em geral, observou-se uma variação sazonal nos valores de biomassa média das 5 espécies com uma clara tendência em espécies como *C. crispus*, mostrando uma abundância significativamente maior no período O/I, ou no período P/V para *C. acicularis* (Figura 14). As espécies mais abundantes, *Codium* spp. e *O. pinnatifida*, apresentaram maior variabilidade, com pequenas diferenças entre os dois períodos (Figura 15). Em *O. pinnatifida* verificaram-se exemplares maiores e maior abundância nos meses de O/I, enquanto o crescimento de *Codium* é maior na estação mais quente. É importante ter em consideração que ambas as macroalgas

são consideradas espécies perenes ou semi-perenes e cuja distribuição e abundância são afetadas por uma ampla variedade de fatores específicos de cada área.

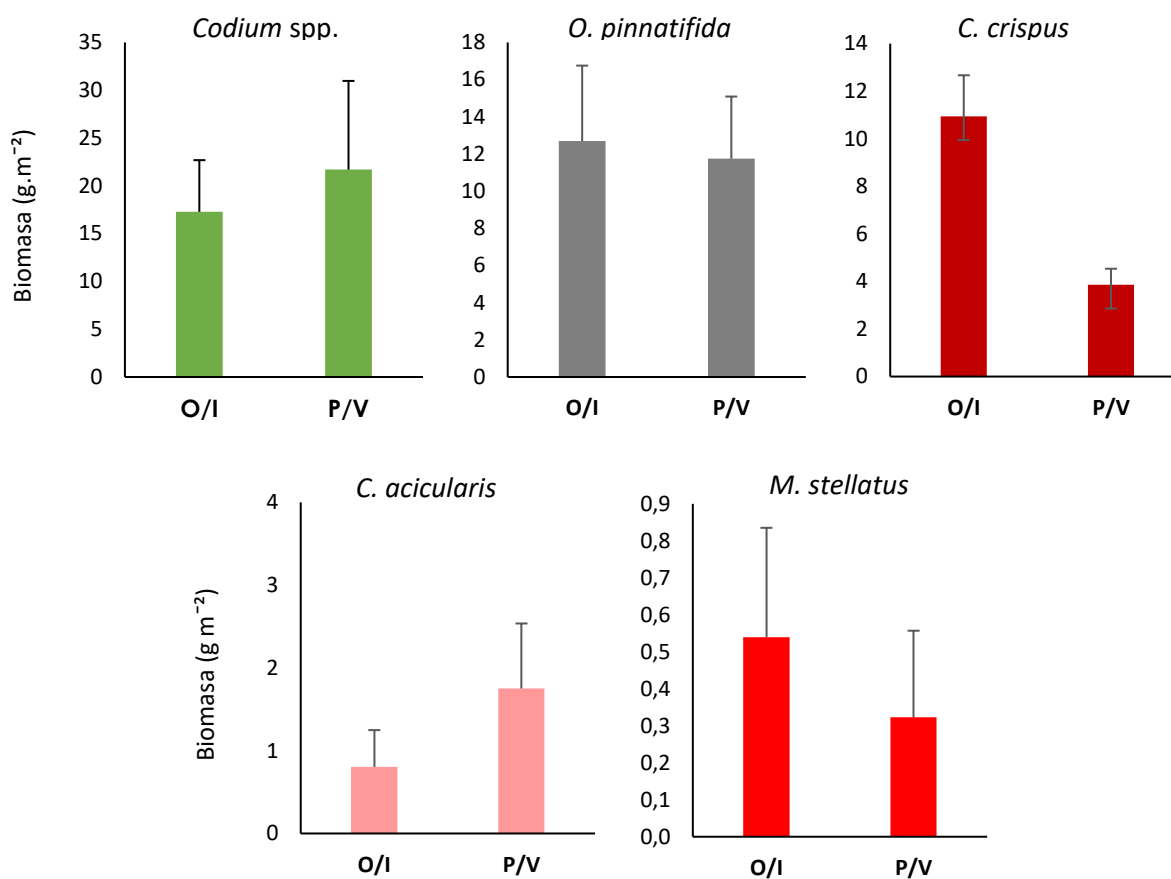


Figura 14 Biomassa média das 5 espécies de macroalgas nos dois períodos sazonais (Média ± SE, n=16).

Tabela 4 Valores médios de biomassa de cada uma das espécies-alvo registados nas duas áreas de estudo (Monte Lourido e O Vao) durante os dois períodos de amostragem (O/I e P/V) e em cada uma das zonas consideradas (Z1 e Z2).

ÁREA	PERÍODO	ZONA	<i>Codium</i> sp.	± SE	<i>O. pinnatifida</i>	± SE	<i>C. crispus</i>	± SE	<i>C. acicularis</i>	± SE	<i>M. stellatus</i>	± SE
Monte Lourido	O/I		27.35	9.00	13.03	4.22	5.97	2.83	1.72	0.77	0.56	0.33
			20.02	6.08	10.81	6.16	8.79	5.37	1.09	0.84	0.55	0.50
		Z1	22.37	10.83	5.11	1.71	11.11	11.11	0.50	0.48	1.00	1.00
		Z2	17.68	7.16	16.51	12.35	6.47	2.81	1.68	1.68	0.11	0.09
	P/V		34.67	17.18	15.25	6.08	3.14	1.78	2.34	1.31	0.57	0.46
		Z1	31.60	25.43	21.44	10.75	6.28	2.86	2.55	1.86	1.13	0.89
		Z2	37.75	26.90	9.06	5.64	0.00	0.00	2.13	2.13	0.01	0.01
			11.63	5.18	11.41	3.13	3.63	0.90	0.84	0.48	0.30	0.19
O Vao	O/I		14.54	9.28	14.57	5.64	5.02	1.48	0.52	0.34	0.53	0.36
		Z1	24.72	18.08	8.87	1.51	2.31	1.34	0.00	0.00	0.01	0.01
		Z2	4.36	2.54	20.28	11.15	7.74	1.86	1.03	0.61	1.04	0.65
	P/V		8.71	5.11	8.24	2.72	2.24	0.88	1.16	0.91	0.08	0.06
		Z1	9.27	9.26	12.92	3.97	2.46	1.49	0.49	0.42	0.11	0.11
		Z2	8.16	6.00	3.55	2.05	2.02	1.17	1.84	1.83	0.04	0.04

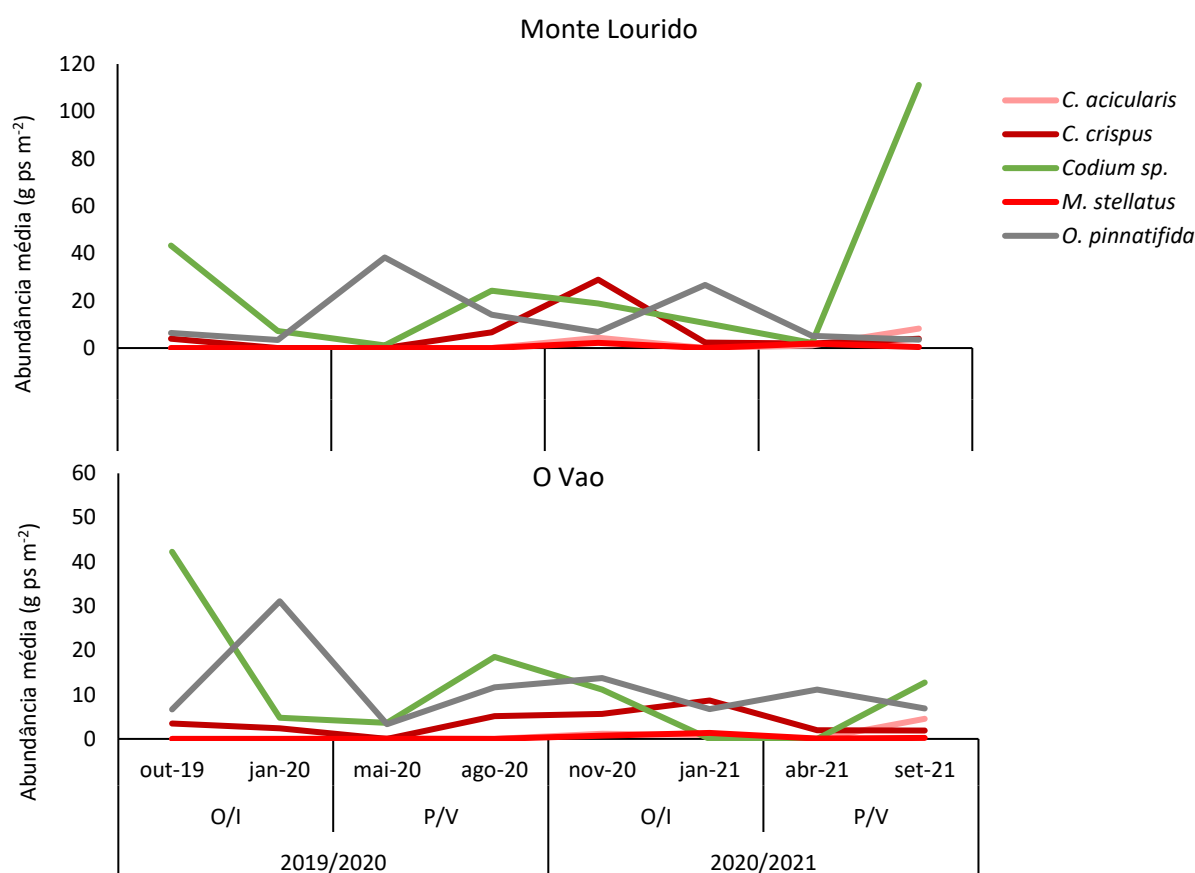


Figura 15 Biomassa média das 5 espécies-alvo de macroalgas nas duas áreas de estudo.

Apesar das tendências sazonais gerais, observou-se uma variação espaço-temporal significativa com diferenças na biomassa média registada, dependendo da área. As 5 espécies-alvo apresentaram maiores abundâncias em Monte Lourido, com destaque para *Codium*, que atingiu as maiores abundâncias em set-21 (Figura 15 e Tabela 3). A variação sazonal desta espécie é clara nas fotografias tiradas nas amostragens de 21 de abril e 21 de setembro, onde se observam claramente os diferentes estados de desenvolvimento em que os espécimes de *Codium* foram encontrados (Figura 16a). Estes resultados são consistentes com estudos anteriores que indicam que *Codium* é uma alga perene com picos de crescimento e reprodução, que ocorrem no final do verão e início do outono, quando as temperaturas quentes favorecem o crescimento rápido (Kang et al. 2008). Além disso, é uma espécie ubíqua e pode ser encontrada não só em condições protegidas, mas também em locais mais expostos e nas poças de maré (Pereira et al. 2009)

C. crispus também registou os maiores valores em ML, atingindo valores de 11,11 g.PS.m⁻² no período O/I (Figura 15 e Tabela 3). Este facto parece estar relacionado com a maior exposição às ondas e às temperaturas ligeiramente mais baixas detetadas nesta área, fatores que influenciam significativamente a distribuição desta espécie. *C. crispus* tende a formar

grandes populações no litoral inferior e necessita de águas limpas, transparentes e com alto ou médio hidrodinamismo (áreas médias e externas dos estuários), ou seja, locais preferencialmente expostos à ondulação e águas frias e limpas (Graham et al. 2007).

Se examinarmos os resultados obtidos em cada uma das duas zonas (Z1 e Z2), observa-se que a variabilidade espacial ao longo do ano também se reflete dentro da mesma localidade (Figura 17). Na localidade OV, observaram-se diferenças na biomassa e distribuição de *Codium*, com maior abundância na zona 1, que é mais plana e onde predominam espécies de algas que proliferam em períodos quentes, como *Ulva* e *Enteromorpha*; enquanto espécies como *C. crispus* e *O. pinnatifida* atingiram os maiores valores na zona 2. Esta zona 2 é caracterizada pela presença de um maior número de fissuras e poças de maré onde encontramos um maior número destas espécies nos meses de O/I (Figura 16b). *O. pinnatifida* é uma espécie intensamente afetada pela radiação solar, de modo que no início do verão as algas adquirem uma coloração esbranquiçada devido à perda de pigmentos. Por esta razão, na estação mais quente apenas os indivíduos menos expostos à emersão sobrevivem (Niell 1977).

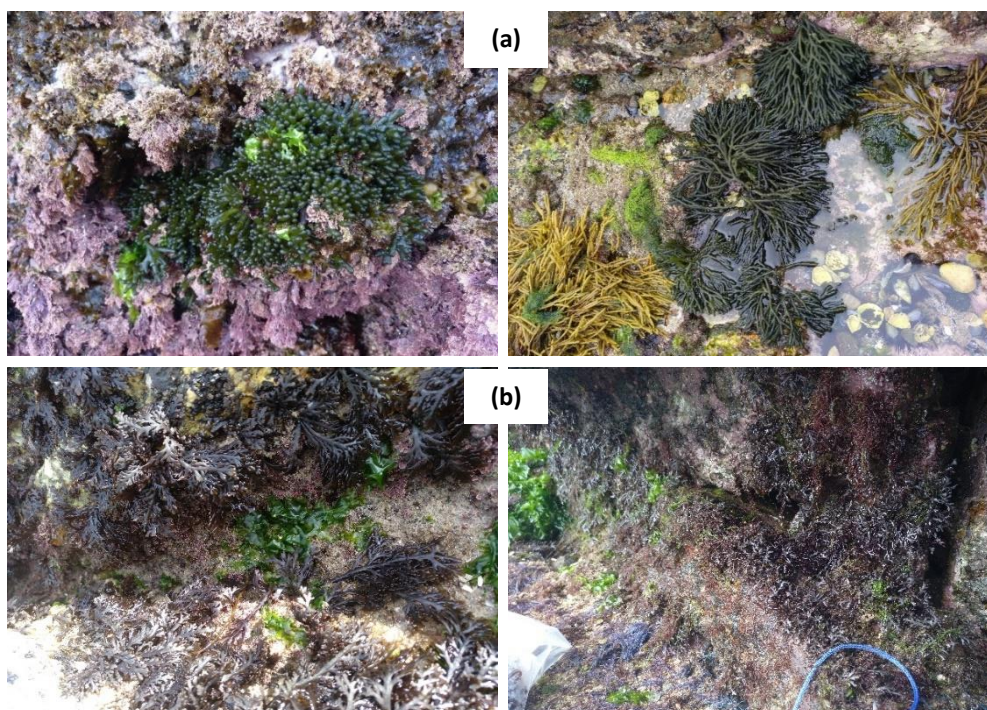


Figura 16 (a) Fotografias de *Codium* spp. tiradas em ML a 21 de abril e 21 de setembro. (b) Fotografias de *O. pinnatifida* tiradas em OV a 20 de janeiro e 20 de novembro.

As diferenças entre as zonas são mais acentuadas na localidade OV. Em ML estas diferenças não são tão notáveis (Figura 18). As espécies apresentam uma distribuição e abundância mais homogêneas em toda a área, em parte devido a fatores como a exposição às ondas, o tipo de substrato e a inclinação ser semelhante nas duas zonas.

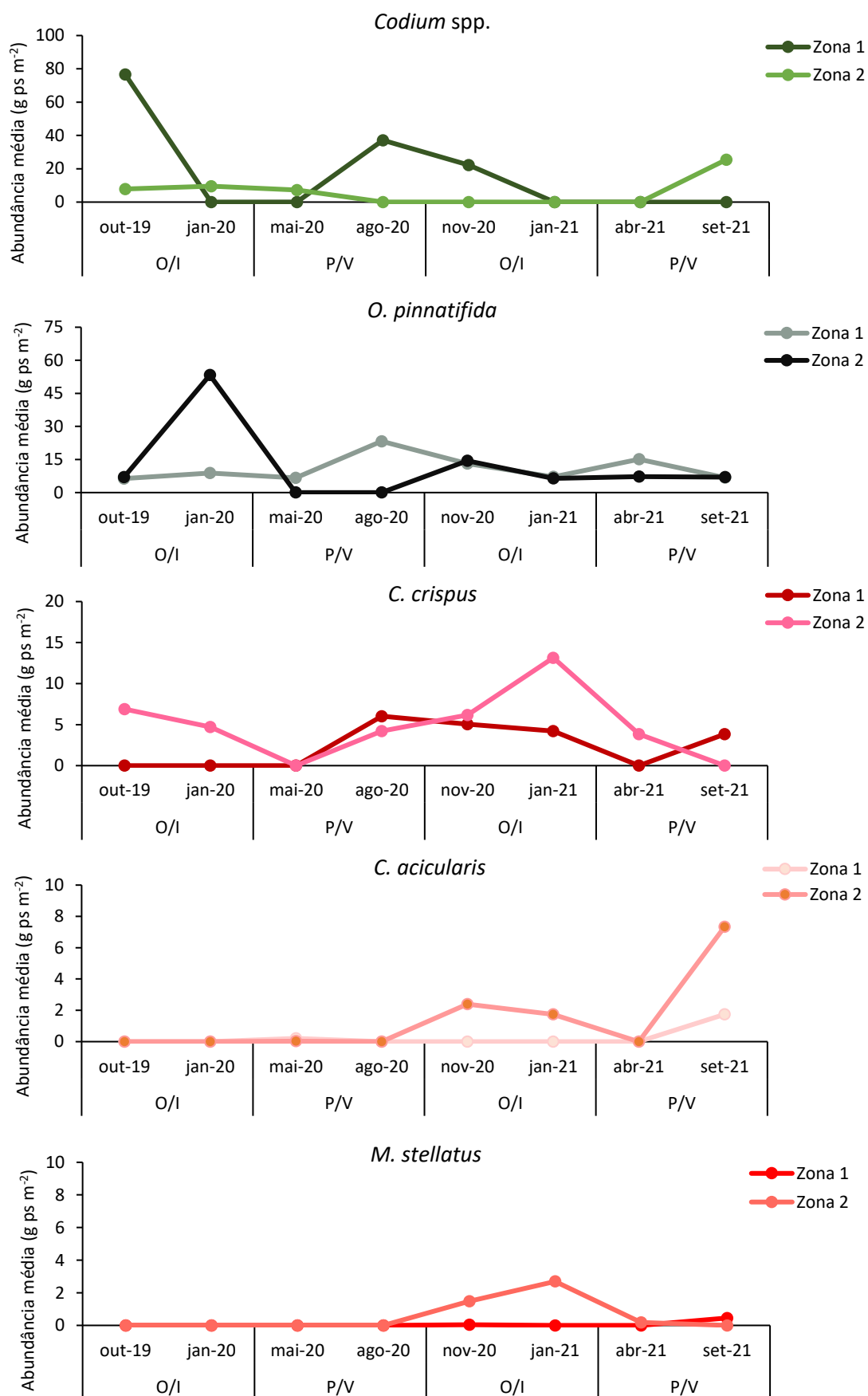


Figura 17 Evolução sazonal da biomassa (g ps m^{-2}) das espécies de macroalgas analisadas em O Vao (OV).

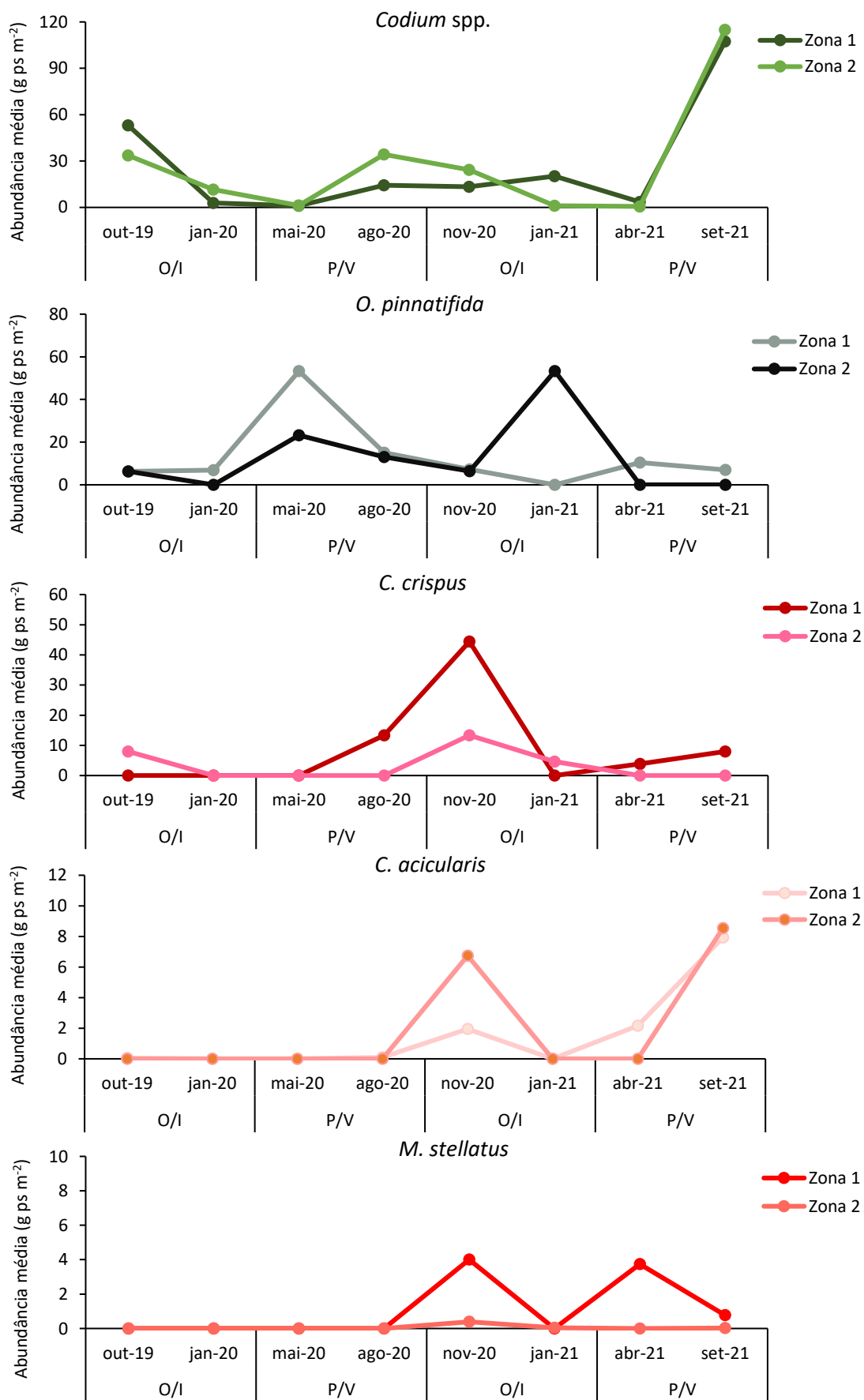


Figura 18 Evolução sazonal da biomassa (g ps m⁻²) das espécies de macroalgas analisadas em Monte Lourido (ML).

Portugal

Os resultados referentes à variação sazonal da biomassa das cinco espécies-alvo: *Chondrus crispus*, *Codium* spp., *Osmundea pinnatifida*, *Mastocarpus stellatus* e *Chondracanthus acicularis* estão representados nas figuras 19, 20, 21, 22 e 23. De uma forma geral, as cinco espécies apresentaram diferentes padrões de variação de abundância ao longo dos meses de amostragem, assim como entre locais de estudo.

Para *Codium* spp., em ambas as praias, registaram-se valores de biomassa mais elevados no período primavera/verão de 2020 e de 2021, particularmente em setembro. Em Aguçadoura, os valores mais elevados foram registados na zona 1, no entanto, em Viana do Castelo, o primeiro pico foi registado na zona 2 e, o segundo, na zona 1, revelando uma aparente variação entre zonas. Nos meses correspondentes ao final do inverno e início da primavera (janeiro – maio), em ambas as praias, os valores de abundância desta espécie foram mais baixos.

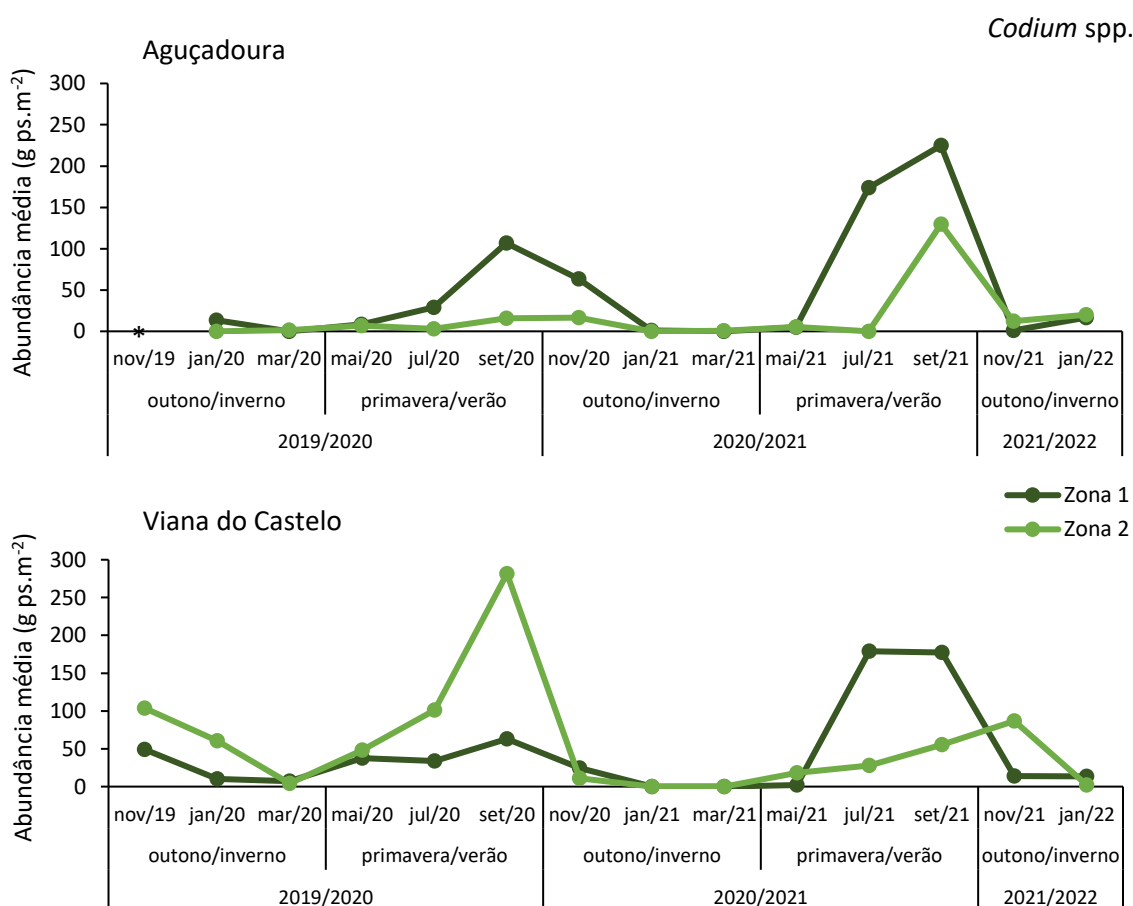


Figura 19 Variação da biomassa de *Codium* spp. (g.ps.m⁻²) ao longo de todo o período de amostragem nas duas zonas consideradas das duas praias de estudo (Aguçadoura e Viana do Castelo). * Ausência de dados devido a condições do mar adversas.

Em ambas as praias, *O. pinnatifida* apresenta grande variação nos seus valores de biomassa ao longo de todo o período de amostragem. Ainda que não seja observado um padrão claro, na praia de Aguçadoura, os picos de biomassa registaram-se em março de ambos os anos na zona 1. Em Viana do Castelo, os valores de abundância desta espécie foram geralmente inferiores e com subsequentes aumentos e decréscimos ao longo do ano, principalmente na zona 1.

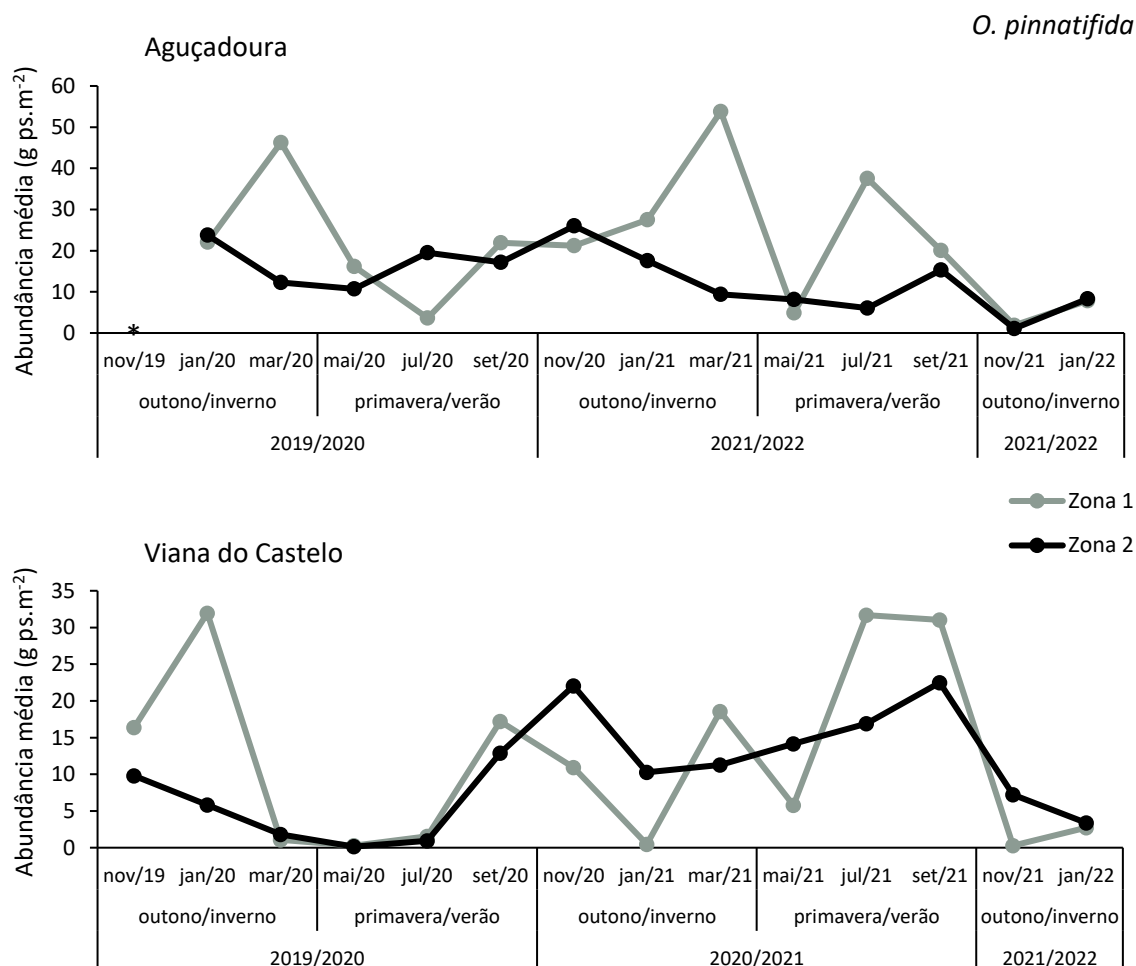


Figura 20 Variação da biomassa de *Osmudea pinnatifida* (g.ps.m⁻²) ao longo de todo o período de amostragem nas duas zonas consideradas das duas praias de estudo (Aguçadoura e Viana do Castelo). * Ausência de dados devido a condições do mar adversas.

Observa-se uma discrepância na abundância de *C. crispus* entre as duas praias de estudo, sendo que em Viana do Castelo os valores registados são muito próximos de zero. Pelo contrário, em Aguçadoura, registou-se uma grande variação ao longo das quatro épocas de amostragem e entre as duas zonas da praia consideradas, salientando-se março de 2020 e de 2021 com picos de biomassa (zona 1).

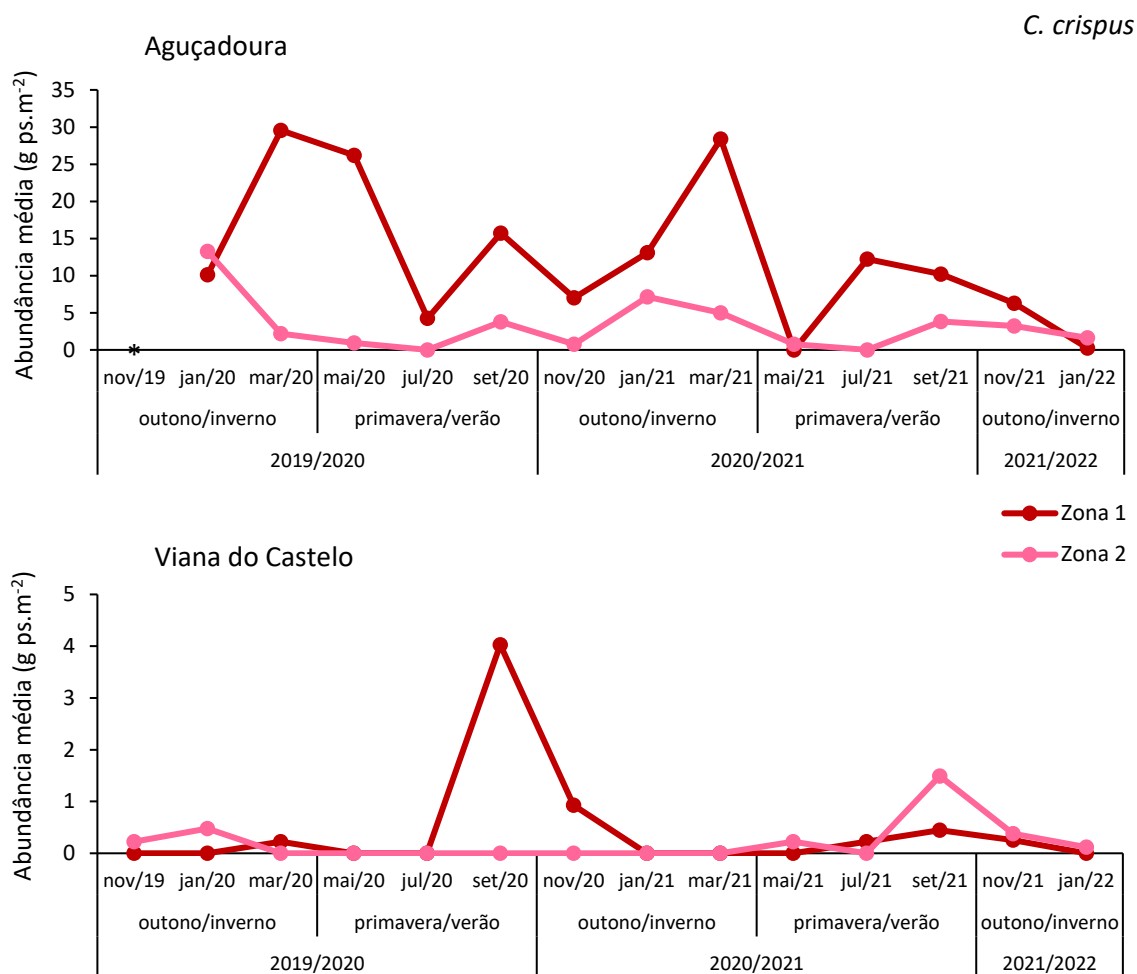


Figura 21 Variação da biomassa de *Chondrus crispus* (g.ps.m⁻²) ao longo de todo o período de amostragem nas duas zonas consideradas das duas praias de estudo (Aguçadoura e Viana do Castelo).

Na praia de Aguçadoura não há qualquer registo da presença de *Chondracanthus acicularis*. Em Viana do Castelo, ainda que a abundância desta espécie seja reduzida, os valores maiores foram registados no início do período outono/inverno de 2021.

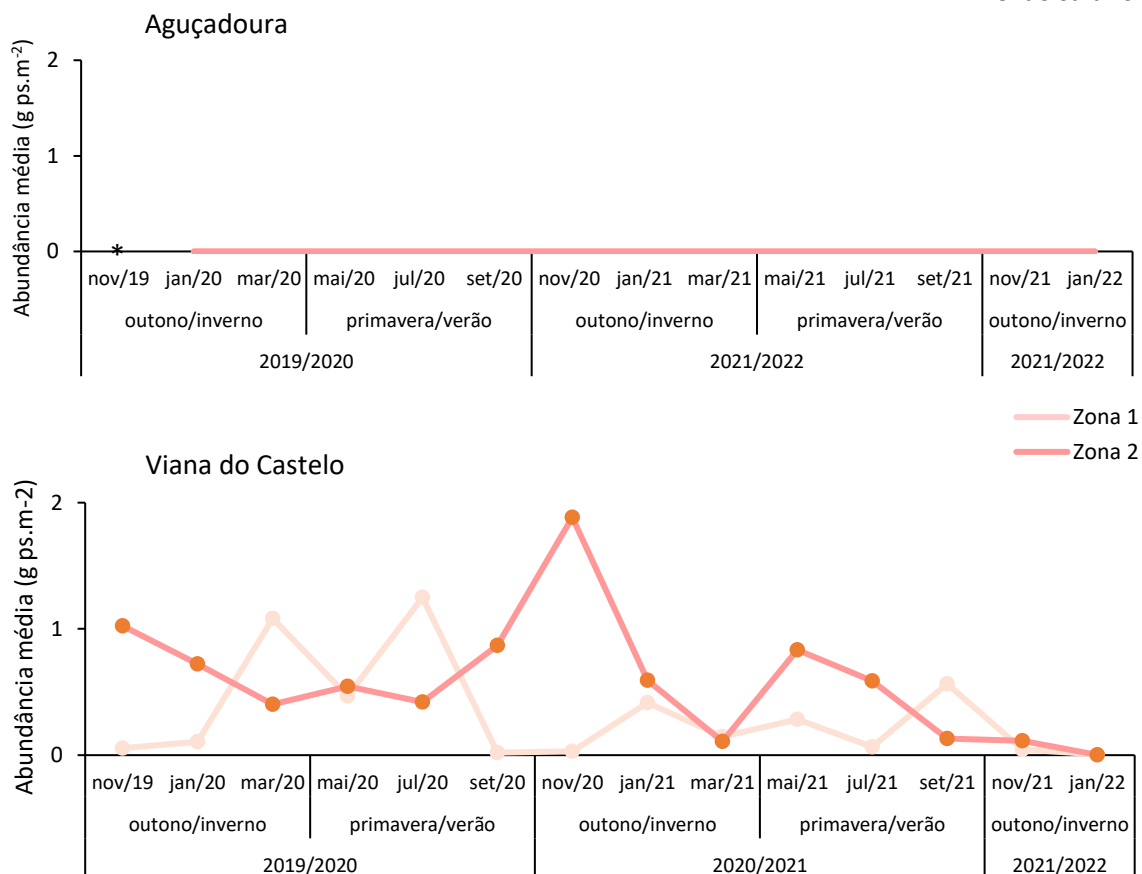
C. acicularis

Figura 22 Variação da biomassa de *Chondacanthus acicularis* (g.ps.m⁻²) ao longo de todo o período de amostragem nas duas zonas consideradas das duas praias de estudo (Aguçadoura e Viana do Castelo).

Por fim, no caso de *M. stellatus*, na praia de Aguçadoura, os valores de abundância mais altos foram registados na zona 2 e coincidem com o pico do verão (julho de ambos os anos). Pelo contrário, em Viana do Castelo, o pico de biomassa desta espécie foi em março de 2021 na zona 2.

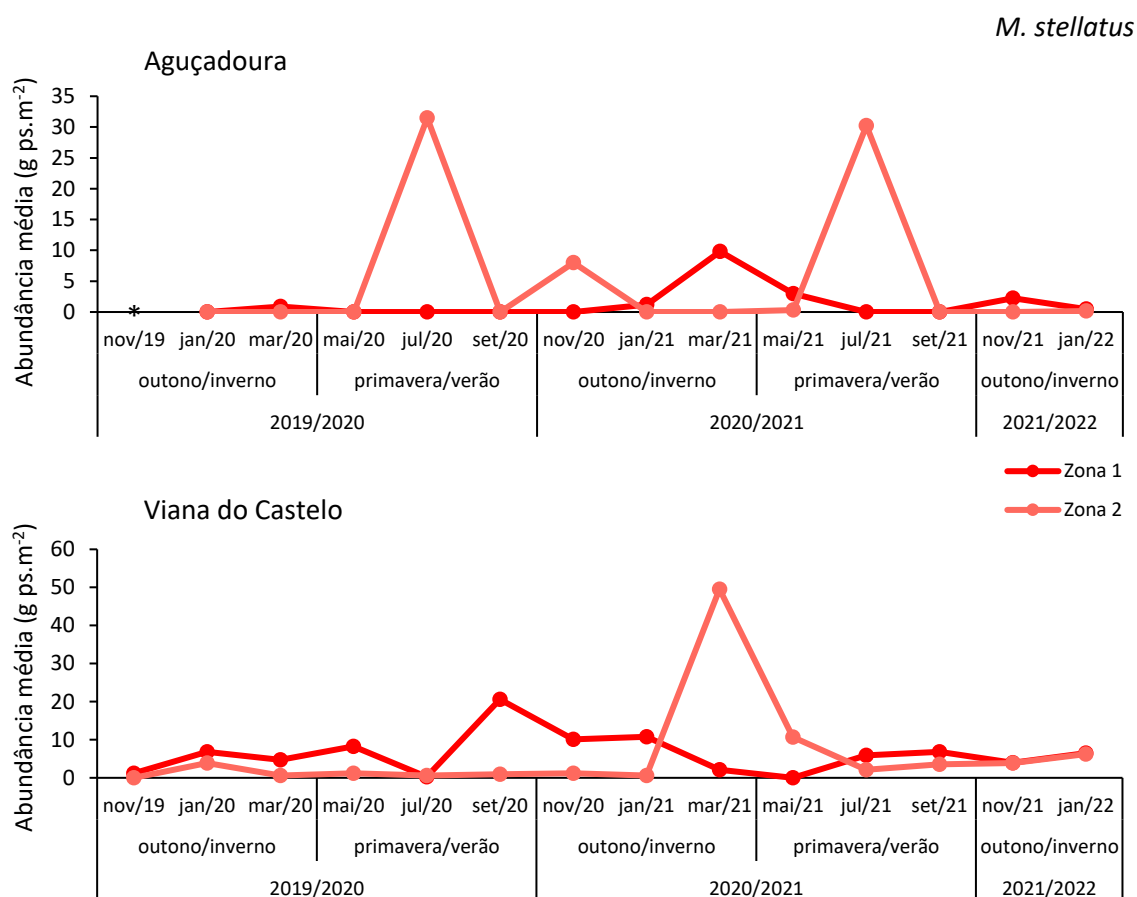


Figura 23 Variação da biomassa de *Mastocarpus stellatus* (g.ps.m⁻²) ao longo de todo o período de amostragem nas duas zonas consideradas das duas praias de estudo (Aguçadoura e Viana do Castelo).

Conclusões preliminares

Portugal e Galiza situam-se no Sistema de Ressurgência do Atlântico Norte da costa ocidental da Península Ibérica (Prego et al. 2007). Assim, ventos e correntes oceânicas próximas à costa normalmente exibem forte variabilidade sazonal, com padrões de verão e inverno claramente distintos. Os ventos predominantes de norte e noroeste durante o verão são responsáveis por eventos de ressurgência próximo à costa, com aporte concomitante de nutrientes para a superfície do oceano e promoção da produtividade primária (Gaspar et al. 2019). De forma geral, os ecossistemas costeiros são fortemente influenciados pelas variações do nível da água do mar, ondulação e correntes. Estes fatores, combinados com a variação sazonal dos níveis de radiação solar durante a baixa-mar, levam a que as macroalgas estejam expostas a frequentes variações de luz, temperatura, disponibilidade de nutrientes e nível de hidratação, o que influencia a sua distribuição na mesma área.

As áreas sujeitas a condições intermédias de exposição à ondulação, como as de objeto de estudo na Galiza, apresentam uma importante variabilidade espaço-temporal na sua comunidade de macroalgas. Estes resultados vão de encontro a estudos realizados previamente em que diferentes tipologias de litoral são definidas com base em sua comunidade florística (Cremades et al. 2004). Desta forma, a biomassa registada ao longo do estudo indica que as maiores populações de macroalgas de interesse foram as espécies *Codium* spp. e *O. pinnatifida*, com maior padrão de desenvolvimento no período P/V, no caso de *Codium* spp. e O/I para *O. pinnatifida*. Semelhante aos resultados deste relatório, estudos anteriores que avaliaram a abundância de macroalgas durante os meses de verão e inverno encontraram uma significativa variação sazonal (Spalding et al. 2019).

Na costa Norte de Portugal, desde Caminha até Espinho, dominam as formações rochosas baixas, onde a força e energia das ondas são o motor responsável pelos processos litorais (Coelho et al. 2009). No entanto, a pressão humana que se tem vindo a verificar nas últimas décadas tem introduzido outras perturbações severas nesta zona (Melo et al. 2021). Relativamente à variação sazonal da biomassa das cinco espécies-alvo, *Codium* spp. e *O. pinnatifida* foram as duas espécies com maiores valores de biomassa registados em ambas as praias, sendo que a variação sazonal desta biomassa aparenta ser mais clara em *Codium* spp.. Ambas as espécies são consideradas perenes mas a sua biomassa varia sazonalmente (Milchakova et al. 2011). *Codium* cresce a partir de *holdfasts* perenes e está sujeito a um decréscimo da sua biomassa durante o período outono/inverno, perdendo o talo e mantendo apenas o seu disco basal preso à rocha (García et al. 2018), além disso, os picos de reprodução e crescimento ocorrem durante o final do verão e início do outono (Kang et al. 2008). Relativamente à *O. pinnatifida*, o seu pico de vegetação ocorre durante o verão e a reprodução sexuada e assexuada ocorre da primavera até ao verão (Milchakova et al. 2011), o que está de acordo com os valores de biomassa registados neste trabalho. Relativamente às outras 3 espécies em estudo, durante os meses mais quentes foram, em geral, mais abundantes do que nos meses mais frios com características de inverno. No entanto, isto não é um padrão, uma vez que há variações consoante a praia, indicando que fatores como a ondulação e heterogeneidade de substrato (topografia e sedimentos) influenciam fortemente a variação sazonal da biomassa.

Os resultados obtidos neste relatório são relevantes para a comunidade científica, pois melhoram o conhecimento atual sobre a comunidade de macroalgas nas duas áreas geográficas de estudo, assim como a sua disponibilidade e o seu ciclo de vida. Adicionalmente, a informação produzida com este trabalho pode ser do interesse dos legisladores regionais e ainda ser aplicada às atuais políticas de exploração e legislação da área. O setor empresarial poderá

beneficiar como utilizador final destes resultados técnicos, promovendo uma otimização da produção, apoiando assim os investidores do setor produtivo.

3.3 Composição bioquímica de macroalgas

Galiza

A caracterização nutricional de *Codium* spp. e *O. pinnatifida* das duas localidades estudadas (O Vao e Monte Lourido) foi realizada através da recolha de amostras em janeiro, maio e novembro de 2020; e janeiro de 2021. Primeiramente, antes da análise dos parâmetros nutricionais, de forma a retirar a areia associada às amostras, estas foram processadas com uma peneira de 1mm de porosidade e outra de 0,5mm. Em seguida, foram determinados os parâmetros para a caracterização do produto. Nas tabelas 5 e 6 estão evidenciados os valores nutricionais obtidos.

Tabela 5 Valores nutricionais de *Codium* spp. e *O. pinnatifida*. (*) Método Kjeldahl; (**) Método Soxhlet.

	Humidade (g/100g)	Proteínas (*) (g/100g)	Gordura (**) (g/100g)	Cinzas (g/100g)	Hidratos de Carbono (g/100g)	Valor Energético (kcal/100g)	Fibra Alimentar (g/100g)	Iodo (mg/Kg)
<i>Codium</i> jan-20	9,6 ± 0,6	19,3 ± 1,4	1,07 ± 0,11	26 ± 2	2,1 ± 0,2	179 ± 6	42 ± 5	105 ± 16
<i>Codium</i> mai-20	9,1 ± 0,6	18,4 ± 1,3	1,68 ± 0,16	23 ± 2	5,9 ± 0,4	196 ± 6	42 ± 5	210±32
<i>Codium</i> nov-20	12,3 ± 0,8	21,3 ± 1,6	1,03 ± 0,10	20,8 ± 1,8	<2,0	S/A	44 ± 5	194±29
<i>Codium</i> jan-21	10,3 ± 0,7	21,0 ± 1,5	<1,00	21,1 ± 1,9	5,3 ± 0,4	S/A	41 ± 5	227±34
<i>Codium</i> - OV abr-21	7,7 ± 0,5	13,9 ± 1,0	0,83	35	7,3 ± 0,5	163 ± 5	35 ± 4	S/A
<i>Codium</i> - ML abr-21	6,9 ± 0,5	23,4 ± 1,7	0,98	15,3 ± 1,4	5,8 ± 0,4	221 ± 7	48 ± 5	S/A
<i>Codium</i> - OV set-21	7,0 ± 0,5	19,5 ± 1,4	0,63	14,7 ± 1,3	7,7 ± 0,6	215 ± 7	51 ± 6	S/A
<i>Codium</i> - ML set-21	7,1 ± 0,5	21,9 ± 1,6	0,52	29 ± 3	27 ± 2	230 ± 7	14,2 ± 1,6	S/A
<i>Osmundea</i> jan-20	9,7 ± 0,6	25,0 ± 1,8	<1,00	21,6 ± 1,9	13,0 ± 1,0	215 ± 7	30 ± 3	478±72
<i>Osmundea</i> mai-20	8,5 ± 0,6	16,7 ± 1,2	<1,00	>30	7,3 ± 0,5	153 ± 5	27 ± 3	375 ± 56
<i>Osmundea</i> nov-20	9,4 ± 0,6	18,2 ± 1,3	<1,00	>30	11,6	S/A	24 ± 3	522±78
<i>Osmundea</i> jan-21	9,3 ± 0,6	17,7 ± 1,3	<1,00	>30	4,6	S/A	22 ± 2	520±78
<i>Osmundea</i> -OV abr-21	7,2 ± 0,5	18,8 ± 1,4	0,53	34	16,8 ± 1,2	192 ± 6	23 ± 3	S/A
<i>Osmundea</i> -ML abr-21	6,2 ± 0,4	20,0 ± 1,5	0,52	36	22,1 ± 1,6	203 ± 7	15,2 ± 1,7	S/A
<i>Osmundea</i> -OV set-21	8,0 ± 0,5	21,5 ± 1,6	0,2	33	18,0 ± 1,3	<9	19 ± 2	S/A
<i>Osmundea</i> -ML sep-21	7,1 ± 0,5	21,9 ± 1,6	0,52	29 ± 3	27 ± 2	230 ± 7	14,2 ± 1,6	S/A

Tabela 6 Composição de ácidos gordos de *Codium* spp. e *O. pinnatifida* (SAT: saturados, MONO: monoinsaturados; POLI: polinsaturados).

Composição ácidos gordos (CG-FID) (g/100 g)	SAT	MONO	POLI	EPA + DHA	Omega - 3	Omega - 6	Trans	Ácido linoleico (ALA)
<i>Codium</i> jan-20	0.26	0.31	0.38	0.05	0.27	0.1	0.01	0.2
<i>Codium</i> mai-20	0.37	0.65	0.5	0.06	0.35	0.15	0.01	0.26
<i>Codium</i> nov-20	0.26	0.3	0.36	0.04	0.25	0.1	0.01	S/A
<i>Codium</i> jan-21	0.24	0.31	0.36	0.04	0.26	0.1	0.01	S/A
<i>Codium</i> - OV abr-21	0.33	0.2	0.19	0.04	0.12	0.06	0.02	S/A
<i>Codium</i> - ML abr-21	0.31	0.12	0.32	0.02	0.24	0.08	0.13	S/A
<i>Codium</i> - OV set-21	0.2	0.12	0.21	0.02	0.14	0.08	0.05	S/A
<i>Codium</i> - ML set-21	0.19	0.16	0.13	0.06	0.09	0.04	<0.01	S/A
<i>Osmundea</i> jan-20	0.1	0.09	0.09	0.04	0.05	0.04	<0.01	0.01
<i>Osmundea</i> mai-20	0.1	0.08	0.08	0.05	0.07	0.01	<0.01	0.01
<i>Osmundea</i> nov-20	0.21	0.21	0.18	0.09	0.13	0.05	<0.01	S/A
<i>Osmundea</i> jan-21	0.12	0.19	0.1	0.04	0.07	0.03	<0.01	S/A
<i>Osmundea</i> - OV abr-21	0.23	0.09	0.14	0.1	0.13	0.01	<0.01	S/A
<i>Osmundea</i> - ML abr-21	0.23	0.08	0.15	0.11	0.14	0.01	<0.01	S/A
<i>Osmundea</i> - OV set-21	<0.10	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	<0.01	S/A
<i>Osmundea</i> - ML set-21	0.19	0.16	0.13	0.06	0.09	0.04	<0.01	S/A

O alto teor de fibra em ambas as espécies excede os valores necessários para considerar que o produto contém um alto teor de fibra (mínimo 6g de fibra por 100g ou 3g de fibra por 100 kcal). As quantidades de gordura foram muito baixas em ambas as espécies, estando abaixo do limite de quantificação da técnica (1%). Será possível fazer a alegação de baixo teor de gordura saturada já que a soma de ácidos gordos saturados e ácidos gordos trans nestas algas desidratadas não foi superior a 1,5g/100g (os valores de ambas as amostras são inferiores a 0,5g/100g). A Figura 24 mostra a comparação entre os valores nutricionais obtidos para ambas as espécies ao longo do tempo. Observaram-se valores nutricionais mais estáveis para *Codium*, enquanto em *O. pinnatifida* foram mais variáveis. Para ambas as espécies, registou-se uma diminuição na composição proteica durante a primavera, sendo muito mais notável em *O. pinnatifida*. Destaca-se também o alto teor de fibra de *Codium*, que praticamente foi o dobro dos níveis registados em *O. pinnatifida*, que não apresenta oscilações sazonais significativas.

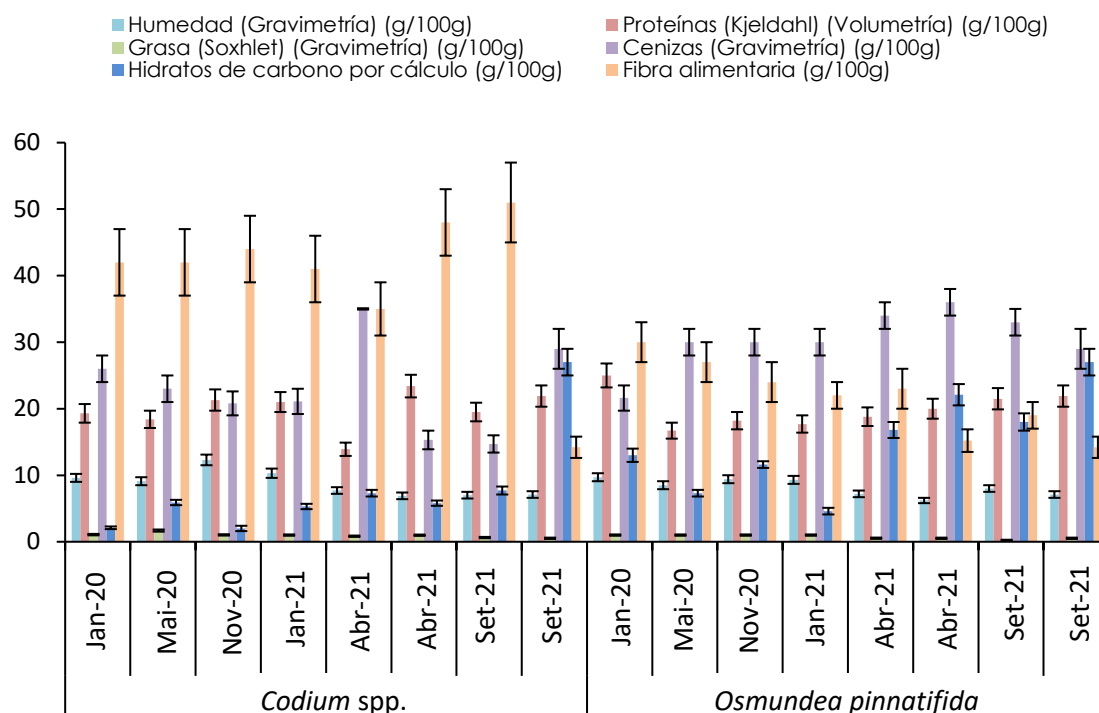


Figura 24 Comparação dos valores nutricionais das 2 espécies estudadas.

O conteúdo de carboidratos aumentou notavelmente em ambas as espécies durante 2021, com um pico registado em setembro em Monte Lourido. Como pode ser visto na Figura 25 o teor de iodo foi maior em *O. pinnatifida*, no entanto, em ambas as espécies, este parâmetro foi estável durante maior parte do ano, com níveis menores na primavera, no caso de *O. pinnatifida* e no inverno, no caso de *Codium* spp.. Em relação ao conteúdo de ácidos gordos, como representado na Figura 26, os valores foram ligeiramente superiores em *Codium* spp., em todos os perfis de ácidos. A variação na composição ao longo do ano, em geral, mostra elevado teor de ácidos gordos na primavera, para *Codium* spp., e no final do outono (novembro) para *O. pinnatifida*.

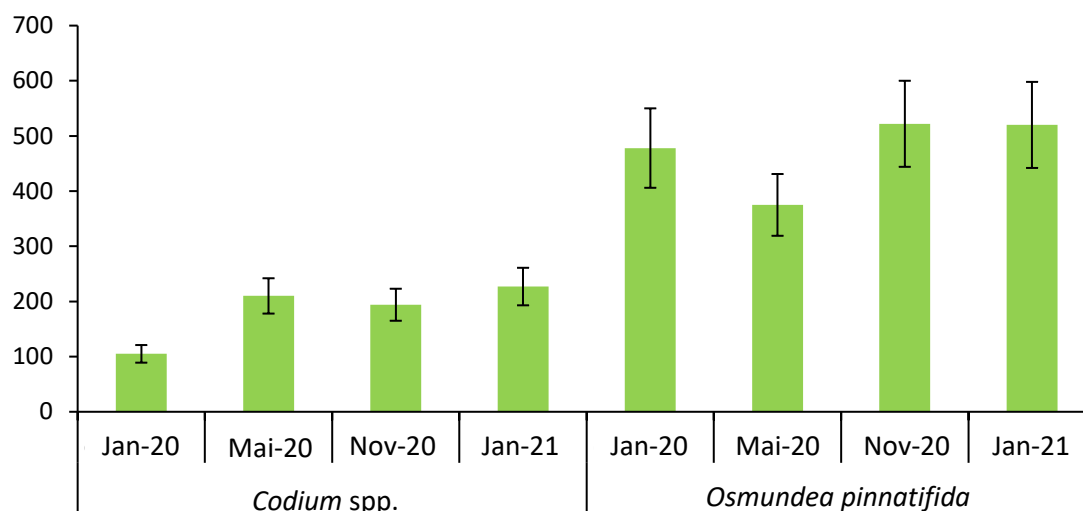


Figura 26 Teor de iodo das 2 espécies de algas (mg/kg).

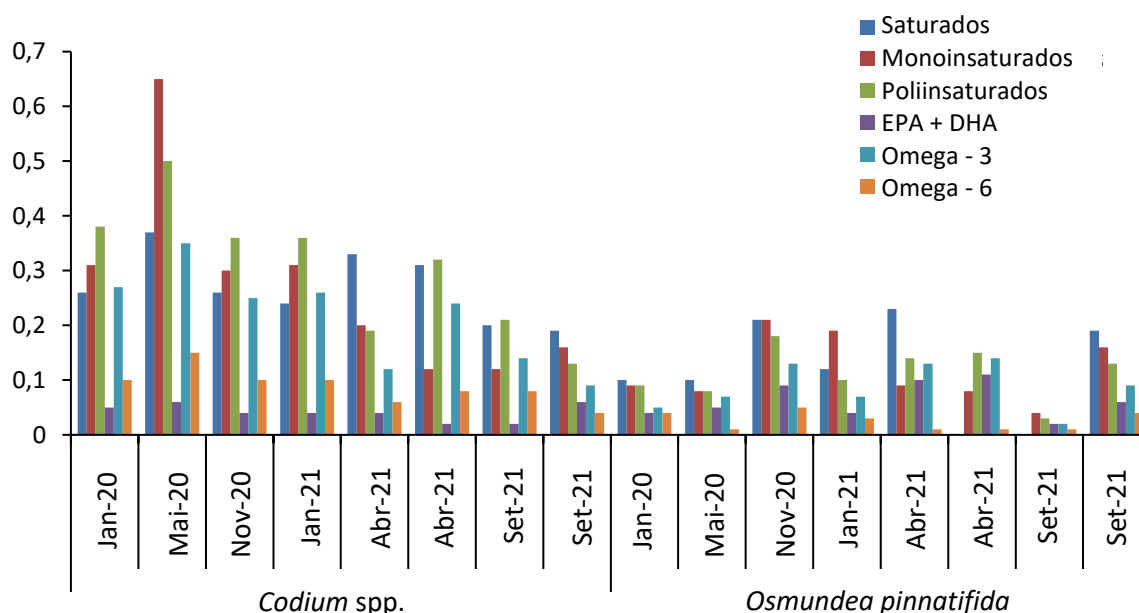


Figura 25 Comparação do teor de ácidos gordos das 2 espécies estudadas.

Portugal

As amostras de biomassa fresca para análise da composição química das espécies-alvo foram colhidas sempre que possível em todos os meses de amostragem realizadas no ano de 2020, de forma a permitir uma avaliação temporal. Em duas praias, Aguçadoura e Viana do Castelo, procedeu-se à recolha, por corte, de indivíduos das cinco espécies que foram guardados e transportados em sacos de plástico devidamente identificados. Em laboratório, as amostras foram lavadas com água salgada de forma a remover o sedimento associado e, quando existiam epífitas associadas às espécies de interesse, procedeu-se à sua remoção para que não influenciassem os resultados das análises. Após a triagem e lavagem, o excesso de água foi

removido através de centrifugação manual, usando um escorredor manual de salada e efetuando-se a rotação do mesmo 10 vezes. Registou-se o peso fresco e as amostras foram colocadas na estufa num tabuleiro identificado durante 48h a 60°C. Decorrido este tempo, procedeu-se ao registo do peso seco e as amostras foram trituradas por um robot de cozinha (bimby TM5) de forma a serem homogeneizadas.

Composição proximal

As cinzas (depósito inorgânico remanescente após a água e matéria orgânica terem sido descartadas pelo aquecimento com agentes oxidantes, corresponde a uma proporção da soma agregada de minerais dentro de um alimento) foram determinadas de acordo com o método oficial 942,05 da AOAC. Resumidamente, pesou-se um grama de algas (W_1) num cadinho previamente pesado (W_0) e colocado na mufla a 600°C durante 2h. Após o arrefecimento, foi colocado num exsiccador e pesou-se o cadinho à temperatura ambiente (W_2). As cinzas foram determinadas de acordo com a seguinte equação:

$$\% \text{cinzas (matéria seca)} = \frac{(w_2 - w_0)}{(w_1 - w_0)} \times 100$$

O azoto total foi analisado pelo método Kjeldahl, e o teor de proteínas foi então calculado com um fator de conversão de 6,25.

Uma extração de gordura das algas foi realizada por hidrólise com éter. O teor de gordura foi determinado gravimetricamente pelo método Soxhlet utilizando éter de petróleo (ponto de ebulição 60-80°C), de acordo com o método descrito no AOAC 2000. Posteriormente, foi metilada para obter ésteres de metilo de ácidos gordos. A caracterização e quantificação individual de ácidos gordos foi analisada por cromatografia gasosa (GC-FID).

O teor de fibra bruta foi determinado com uma hidrólise ácido/alcalina de fibras insolúveis, tal como descrito no AOAC 2000. Todas as metodologias seguiram as recomendações dos Métodos Oficiais de Análise (Association of Official Analysis Chemists (AOAC), 2000). Todas as medições foram feitas em triplicado. Os compostos químicos foram expressos em peso seco (PS) de g/100g (PS) e encontram-se abaixo os resultados para cada espécie de macroalga.

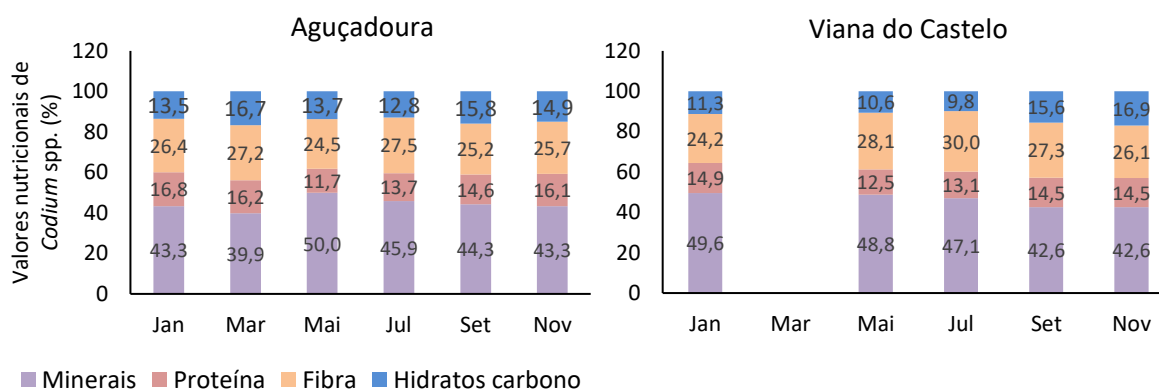


Figura 27 Percentagem relativa de minerais, proteína, fibra e hidratos de carbono de *Codium* spp. ao longo do período de amostragem de 2020, nas duas praias de estudo (Aguçadoura e Viana do Castelo).

A composição fitoquímica de *Codium* spp. (Figura 27) é muito semelhante em ambas as praias e é constituída maioritariamente por minerais (40 a 50%). Verificou-se que o conteúdo proteico aumenta ligeiramente nos meses de inverno e diminui nos meses mais quentes. Esta tendência pode estar relacionada com uma maior disponibilidade e concentração de nutrientes na água, que normalmente são mais elevadas durante o inverno. Apesar destas semelhanças, esta macroalga colhida na praia da Aguçadoura é uma fonte de fibra e rica em proteína.

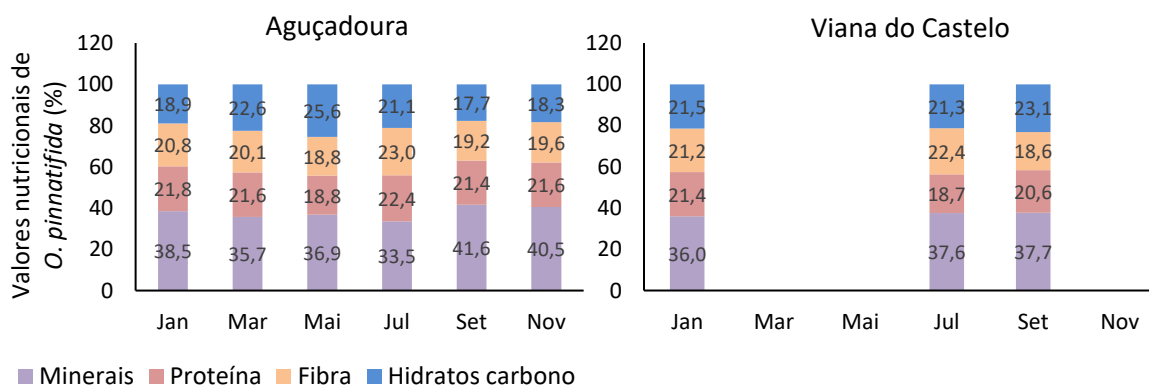


Figura 28 Percentagem relativa de minerais, proteína, fibra e hidratos de carbono de *Osmundea pinnatifida* ao longo do período de amostragem de 2020, nas duas praias de estudo (Aguçadoura e Viana do Castelo).

Relativamente a *Osmundea pinnatifida* (Figura 28), esta apresenta menor conteúdo de proteína durante o verão, na praia de Viana do Castelo. A percentagem de minerais é também inferior nesta praia.

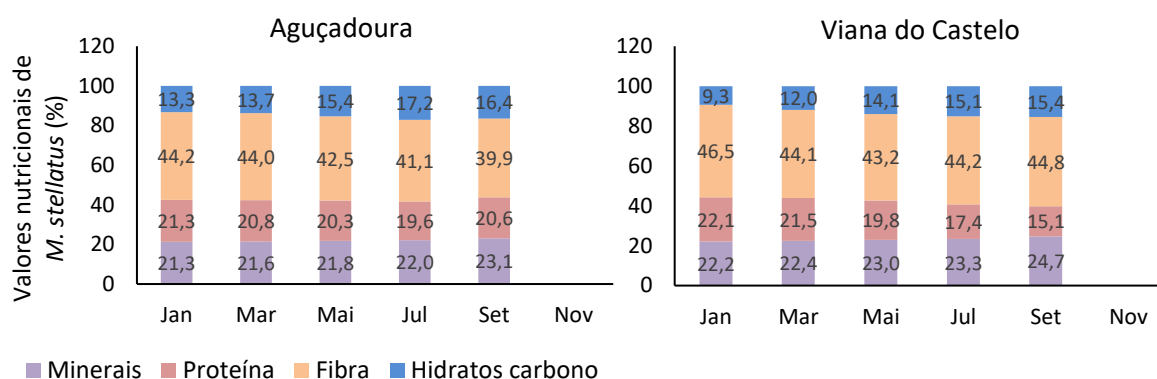


Figura 29 Percentagem relativa de minerais, proteína, fibra e hidratos de carbono da *Mastocarpus stellatus* ao longo do período de amostragem de 2020, nas duas praias de estudo (Aguçadoura e Viana do Castelo).

Fitoquimicamente, em ambas as praias, *Mastocarpus stellatus* (Figura 29) é muito rica em fibras (mais de 40%), sendo que estes valores apresentam ligeiras diferenças entre praias (mais elevados em Viana do Castelo) e com tendência a diminuírem durante o verão. O teor de minerais aumenta ligeiramente ao longo do ano.

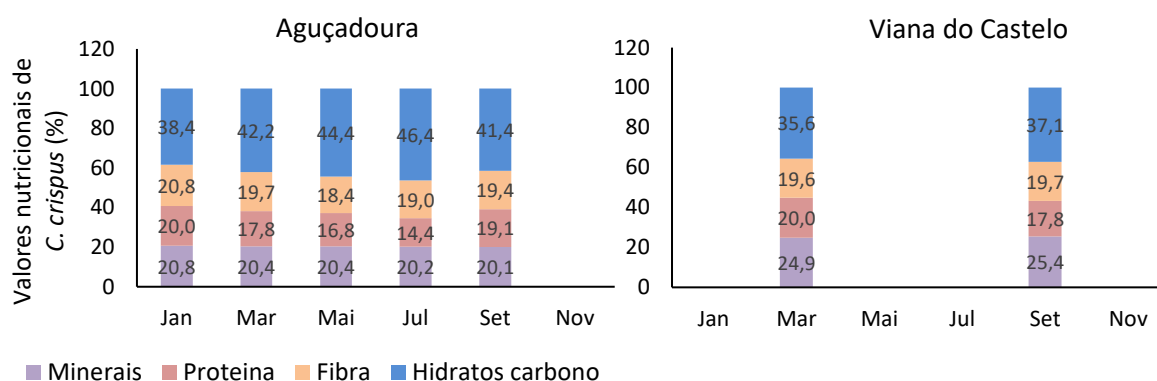


Figura 30 Percentagem relativa de minerais, proteína, fibra e hidratos de carbono da *Chondrus crispus* ao longo do período de amostragem de 2020, nas duas praias de estudo (Aguçadoura e Viana do Castelo).

Chondrus crispus (Figura 30) destaca-se das outras algas pela maior concentração de hidratos de carbono (35–46%) e um teor de fibra na ordem dos 20%. Não se verificaram grandes alterações nos minerais ao longo do tempo, sendo a praia de Viana de Castelo a que apresenta maior quantidade destes compostos. Nesta praia, nos dois meses amostrados, o conteúdo proteico foi maior em março.

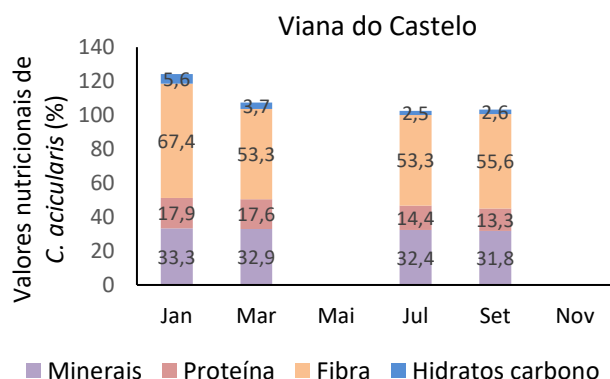


Figura 31 Percentagem relativa de minerais, proteína, fibra e hidratos de carbono da *Chondracanthus acicularis* ao do período de amostragem de 2020 na praia de Viana do Castelo.

Chondrachantus acicularis (Figura 31) destaca-se pelo maior teor de fibra, entre 53 e 67%. Estes valores foram mais elevados em janeiro, seguindo-se uma diminuição no verão e posterior aumento em setembro.

Conclusões preliminares

Das macroalgas em estudo, com exceção do *M. stellatus*, todas as espécies têm elevado conteúdo de minerais. O teor de proteína de *O. pinnatifida*, *M. stellatus*, *C. crispus*, encontra-se acima de 20%, podendo ser consideradas uma relevante fonte proteica. De igual modo, *M. stellatus* e *C. acicularis* são ricos em fibras. É transversal em todas as espécies que os níveis de todos os compostos estudados apresentaram tendências de variação de acordo com o local de estudo e ao longo do tempo. A ausência de dados verificada em alguns meses na praia de Viana do Castelo, poderá estar relacionada com reduzida abundância das algas de estudo nesta praia, impossibilitando a recolha de biomassa suficiente para a realização dos ensaios químicos. Adicionalmente, algumas amostras apresentavam algum substrato associado que dificultou esta avaliação.

Numa altura em que a sustentabilidade está em voga e o consumidor procura alimentos ricos em fibras e proteínas, as espécies-avo estudadas no âmbito do projeto ALGALUP podem constituir uma excelente alternativa.

REFERÊNCIAS

- Andrade, P.B., Barbosa, M., Pedro, R., Lopes, G., Vinholes, J., Mouga, T. & Valentão, P. 2013. Valuable compounds in macroalgae extracts. *Food Chemistry*. **138**:1819–28.
- Araújo, R., Bárbara, I., Tibaldo, M., Berecibar, E., Tapia, P.D., Pereira, R., Santos, R. et al. 2009. Checklist of benthic marine algae and cyanobacteria of northern Portugal. *Botanica Marina*. **52**:24–46.
- Association of Official Analysis Chemists (AOAC). (2000). Official Methods of Analysis of AOAC International (W. Horwitz, AOAC Intl, 2000, Ed.; 17th ed.). AOAC Int.
- Bárbara, I., Cremades, J., Calvo, S., López-Rodríguez, M.C. & Dosil, J. 2005. Checklist of the benthic marine and brackish Galician algae (NW Spain). *Anales del Jardín Botánico de Madrid*. **62**:69–100.
- Bertocci, I., Araújo, R., Incera, M., Arenas, F., Pereira, R., Abreu, H., Larsen, K. et al. 2012. Comunidades bentónicas de charcas rocosas del norte de Portugal: Variabilidad estacional y entre charcas. *Scientia Marina*. **76**:781–9.
- Blanco, A., Lemos, M.F.L., Pereira, L. & Gaspar, R. 2020. Mapping Invasive Macroalgae in the Western Iberian Peninsula: A Methodological Guide Epigenetic mechanisms of stress tolerance in *Brachionus* sp. View project.
- Borges D, Azevedo I, Melo R, Antunes SC and Sousa Pinto I (2019). Assessment of spatial and seasonal biomass variation of intertidal seaweed species with commercial potential use as basis for future tailored standing stocks management. *Front. Mar. Sci. Conference Abstract: XX Iberian Symposium on Marine Biology Studies (SIEBM XX)* . doi: 10.3389/conf.fmars.2019.08.00118
- Borges, D., Araujo, R., Azevedo, I. & Pinto, I.S. 2020. Sustainable management of economically valuable seaweed stocks at the limits of their range of distribution: *Ascophyllum nodosum* (Phaeophyceae) and its southernmost population in Europe. *Journal of Applied Phycology*. **32**:1365–75.
- Bunker, F.S.D., Brodie, J.A., Maggs, C.A. & Bunker, A.R. 2010. Seasearch guide to seaweeds of Britain and Ireland. Marine Conservation Society, Ross-on-Wye. 224 pp.
- Cacabelos, E., Olabarria, C., Incera, M. & Troncoso, J.S. 2010. Effects of habitat structure and tidal height on epifaunal assemblages associated with macroalgae. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. **89**:43–52.
- Cardoso, S., Carvalho, L., Silva, P., Rodrigues, M., Pereira, O. & Pereira, L. 2014. Bioproducts from Seaweeds: A Review with Special Focus on the Iberian Peninsula. *Current Organic Chemistry*. **18**:896–917.
- Christie, H., Norderhaug, K.M. & Fredriksen, S. 2009. Macrophytes as habitat for fauna. *Marine Ecology Progress Series*. **396**:221–33.
- Coelho, C., Silva, R., Veloso-gomes, F. & Taveira-pinto, F. 2009. Potential Impacts of Climate Change on NW Portuguese Coastal Zones. *ICES Journal of Marine Science*. **66**:1497–507.
- Collén, J., Cornish, M.L., Craigie, J., Ficko-Blean, E., Hervé, C., Krueger-Hadfield, S.A., Leblanc, C. et al. 2014. *Chondrus crispus* - A present and historical model organism for red seaweeds. Elsevier. 53–89 pp.
- Costa, E., Melo, T., Moreira, A.S.P., Alves, E., Domingues, P., Calado, R., Abreu, M.H. et al. 2015. Decoding bioactive polar lipid profile of the macroalgae *Codium tomentosum* from a sustainable IMTA system using a lipidomic approach. *Algal Research*. **12**:388–97.
- Cremades, J., Bárbara, I. & Veiga, J. 2004. Intertidal vegetation and its commercial potential on the shores of Galicia (NW Iberian Peninsula). *Thalassas*. **20**:69–80.
- Cruz-Motta, J.J., Miloslavich, P., Palomo, G., Iken, K., Konar, B., Pohle, G., Trott, T. et al. 2010. Patterns of spatial variation of assemblages associated with intertidal rocky shores: A global perspective. *PLoS ONE*. **5**.
- Fernández, P.V., Arata, P.X. & Ciancia, M. 2014. Polysaccharides from *Codium* Species: Chemical Structure and Biological Activity. Their Role as Components of the Cell Wall. *In* Jacquot, J.-

- P. & Gada, P. [Eds.] *Advances in Botanical Research*. 1st ed. Serie Editors, UK, p. 574.
- Fraschetti, S., Terlizzi, A. & Benedetti-Cecchi, L. 2005. Patterns of distribution of marine assemblages from rocky shores : Evidence of relevant scales of variation. *Marine Ecology Progress Series*. **296**:13–29.
- Fulton, C.J., Depczynski, M., Holmes, T.H., Noble, M.M., Radford, B., Wernberg, T. & Wilson, S.K. 2014. Sea temperature shapes seasonal fluctuations in seaweed biomass within the Ningaloo coral reef ecosystem. **59**:156–66.
- García, A.G., Olabarria, C., Arrontes, J., Álvarez, Ó. & Viejo, R.M. 2018. Spatio-temporal dynamics of *Codium* populations along the rocky shores of N and NW Spain. *Marine Environmental Research*. **140**:394–402.
- Gaspar, R., Pereira, L. & Neto, J.M. 2017. Intertidal zonation and latitudinal gradients on macroalgal assemblages: Species, functional groups and thallus morphology approaches. *Ecological Indicators*. **81**:90–103.
- Gaspar, R., Pereira, L. & Sousa-Pinto, I. 2019. The seaweed resources of Portugal. *Botanica Marina*. **62**:499–525.
- Graham, M.H., Vásquez, J.A. & Buschmann, A.H. 2007. Global Ecology of the Giant Kelp *Macrocystis*: From Ecotypes To Ecosystems. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*. **45**:39–88.
- Guiry, M.D. 1984. Photoperiodic and temperature responses in the growth and tetrasporogenesis of *Gigartina acicularis* (Rhodophyta) from Ireland. *Helgoländer Meeresuntersuchungen*. **38**:335–47.
- Hilliou, L., Larotonda, F.D.S., Sereno, A.M. & Gonçalves, M.P. 2006. Thermal and viscoelastic properties of κ /I-hybrid carrageenan gels obtained from the Portuguese seaweed *Mastocarpus stellatus*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **54**:7870–8.
- Juanes, J.A., Guinda, X., Puente, A. & Revilla, J.A. 2008. Macroalgae, a suitable indicator of the ecological status of coastal rocky communities in the NE Atlantic. *Ecological Indicators*. **8**:351–9.
- Kang, Y.H., Shin, J.A., Kim, M.S. & Chung, I.K. 2008. A preliminary study of the bioremediation potential of *Codium fragile* applied to seaweed integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) during the summer. *Journal of Applied Phycology*. **20**:183–90.
- Koch, K., Hagen, W., Graeve, M. & Bischof, K. 2017. Fatty acid compositions associated with high-light tolerance in the intertidal rhodophytes *Mastocarpus stellatus* and *Chondrus crispus*. *Helgoland Marine Research*. **71**:15.
- Loretsen, S., Grémillet, D. & Havard Nymoen, G. 2004. Annual Variation in Diet of Breeding Great Cormorants: Does it Reflect Varying Recruitment of Gadoids? *Waterbirds*. **27**:161–9.
- Machín-Sánchez, M., Gil-Rodríguez, M.C. & Haroun, R. 2018. Phylogeography of the red algal *Laurencia* Complex in the Macaronesia region and nearby coastal areas: Recent advances and future perspectives. *Diversity*. **10**.
- Matos, J., Gomes, A., Cardoso, C., Afonso, C., Campos, A.M., Gomes, R., Falé, P. et al. 2020. Commercial Red Seaweed in Portugal (*Gelidium sesquipedale* and *Pterocladia capillacea*, Florideophyceae): Going beyond a Single-Purpose Product Approach by Valorizing Bioactivity. *Thalassas: An International Journal of Marine Sciences*. **36**:213–24.
- Melo, R., Sousa-Pinto, I., Antunes, S.C., Costa, I. & Borges, D. 2021. Temporal and spatial variation of seaweed biomass and assemblages in Northwest Portugal. *Journal of Sea Research*. **174**.
- Milchakova, N., Illustrated, A. & Guide, F. 2011. MARINE PLANTS.
- Mineur, F., Arenas, F., Assis, J., Davies, A.J., Engelen, A.H., Fernandes, F., Malta, E. et al. 2015. European seaweeds under pressure: Consequences for communities and ecosystem functioning. *Journal of Sea Research*. **98**:91–108.
- Mohamed, S., Hashim, S.N. & Rahman, A.R. 2012. Seaweeds: A sustainable functional food for complementary and alternative therapy. *Trends in Food Science & Technology*. **23**:83–96.
- Monagail, M. Mac, Cornish, L., Morrison, L., Araújo, R. & Critchley, A.T. 2017. Sustainable

- harvesting of wild seaweed resources. *European Journal of Phycology* ISSN: **52**:371–90.
- Niell 1977. Distribucion y zonacion de las algas bentonicas en la facies rocosa del sistema intermareal de las Rias Bajas Gallegas [Espana].
- Nova, P., Pimenta-Martins, A., Laranjeira Silva, J., Silva, A.M., Gomes, A.M. & Freitas, A.C. 2020. Health benefits and bioavailability of marine resources components that contribute to health—what’s new? *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. **60**:3680–92.
- Paiva, L., Lima, E., Patarra, R.F., Neto, A.I. & Baptista, J. 2014. Edible Azorean macroalgae as source of rich nutrients with impact on human health. *Food Chemistry*. **164**:128–35.
- Pereira, L. 2018. Therapeutic and Nutricional Uses of Algae. CRC Press, Coimbra, Portugal. 673 pp.
- Pereira, L., Critchley, A.T., Amado, A.M. & Ribeiro-Claro, P.J.A. 2009. A comparative analysis of phycocolloids produced by underutilized versus industrially utilized carrageenophytes (Gigartinales, Rhodophyta). *Journal of Applied Phycology*. **21**:599–605.
- Pereira, L., Meireles, F. & Gaspar, R. 2014. Population studies and carrageenan properties in eight gigartinales (rhodophyta) from Iberian Peninsula. *Seaweeds*. **2013**:1–12.
- Pereira, L. & Mesquita, J.F. 2003. Carrageenophytes of occidental Portuguese coast: 1- spectroscopic analysis in eight carrageenophytes from Buarcos bay. *Biomolecular Engineering*. **20**:217–22.
- Pereira, L. & van de Velde, F. 2011. Portuguese carrageenophytes: Carrageenan composition and geographic distribution of eight species (Gigartinales, Rhodophyta). *Carbohydrate Polymers*. **84**:614–23.
- Pereira, L.C. dos R.T. 2004. Estudos em macroalgas carragenófitas (Gigartinales, Rhodophyceae) da costa portuguesa - aspectos ecológicos, bioquímicos e citológicos. 294.
- Peteiro, C. 2018. Alginate production from marine macroalgae, with emphasis on kelp farming. 27–66 pp.
- Petraitis, P.S., Fisher, J.A.D. & Dudgeon, S. 2008. Rocky Intertidal Zone. *Encyclopedia of Ecology*. **2**:607–13.
- Piazzi, L., Pardi, G., Balata, D., Cecchi, E. & Cinelli, F. 2002. Seasonal dynamics of a subtidal north-western Mediterranean macroalgal community in relation to depth and substrate inclination. *Botanica Marina*. **45**:243–52.
- Pina, A.L., Costa, A.R., Lage-Yusty, M.A. & López-Hernández, J. 2014. An evaluation of edible red seaweed (*Chondrus crispus*) components and their modification during the cooking process. *LWT - Food Science and Technology*. **56**:175–80.
- Piñeiro-Corbeira, C., Barreiro, R. & Cremades, J. 2016. Decadal changes in the distribution of common intertidal seaweeds in Galicia (NW Iberia). *Marine Environmental Research*. **113**:106–15.
- Pinho, D., Bertocci, I., Arenas, F., Franco, J.N., Jacinto, D., Castro, J.J., Vieira, R. et al. 2016. Spatial and temporal variation of kelp forests and associated macroalgal assemblages along the Portuguese coast. *Marine and Freshwater Research*. **67**:113–22.
- Plaza, M., Cifuentes, A. & Ibáñez, E. 2008. In the search of new functional food ingredients from algae. *Trends in Food Science and Technology*. **19**:31–9.
- Prego, R., Guzmán-Zuñiga, D., Varela, M., DeCastro, M. & Gómez-Gesteira, M. 2007. Consequences of winter upwelling events on biogeochemical and phytoplankton patterns in a western Galician ria (NW Iberian peninsula). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. **73**:409–22.
- Provan, J. & Maggs, C.A. 2012. Unique genetic variation at a species’ rear edge is under threat from global climate change. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 39–47.
- Ravanal, M.C., Camus, C., Buschmann, A.H., Gimpel, J., Olivera-Nappa, Á., Salazar, O. & Lienqueo, M.E. 2019. Production of Bioethanol From Brown Algae. *Advances in Feedstock Conversion Technologies for Alternative Fuels and Bioproducts: New Technologies, Challenges and Opportunities*. 69–88.
- Reis, P.A., Gonçalves, J., Abreu, H., Pereira, R., Benoit, M., O’Mahony, F., Connellan, I. et al. 2016. Seaweed *Alaria esculenta* as a biomonitor species of metal contamination in Aoughinish Bay

- (Ireland). *Ecological Indicators*. **69**:19–25.
- Rodrigues, D., Freitas, A.C., Pereira, L., Rocha-Santos, T.A.P., Vasconcelos, M.W., Roriz, M., Rodríguez-Alcalá, L.M. et al. 2015. Chemical composition of red, brown and green macroalgae from Buarcos bay in Central West Coast of Portugal. *Food Chemistry*. **183**:197–207.
- Santos, R., Cristo, C. & Jesus, D. 2003. Stock assessment of the agarophyte *Gelidium sesquipedale* using harvest effort statistics. *Seventeenth International Seaweed Symposium. Proceedings of the XVIIth International Seaweed Symposium, Cape Town, South Africa. 28 January- 2 February 2001*. 145–50.
- Santos, S.A.O., Vilela, C., Freire, C.S.R., Abreu, M.H., Rocha, S.M. & Silvestre, A.J.D. 2015. Chlorophyta and Rhodophyta macroalgae: A source of health promoting phytochemicals. *Food Chemistry*. **183**:122–8.
- Soares, C., Machado, S., Vieira, E.F., Morais, S., Teles, M.T., Correia, M., Carvalho, A. et al. 2017. Seaweeds from the Portuguese coast: A potential food resource? *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. **231**.
- Sousa-Pinto, I. 1998. Seaweed resources of Portugal. In Critchley, A. T. & Ohno, M. [Eds.] *Seaweed Resources of the World*. JICA, Yokosuka, pp. 176–85.
- Spalding, H.L., Amado-Filho, G.M., Bahia, R.G., Ballantine, D.L., Fredericq, S., Leichter, J.J., Nelson, W.A. et al. 2019. Macroalgae. In Loya, Y., Puglise, K. A. & Bridge, T. C. L. [Eds.] *Mesophotic Coral Ecosystems*. Springer International Publishing, Cham, pp. 507–36.
- Spalding, M.D., Fox, H.E., Allen, G.R., Davidson, N., Ferdeña, Z.A., Finlayson, M., Halpern, B.S. et al. 2007. Marine Ecoregions of the World: A Bioregionalization of Coastal and Shelf Areas. *BioScience*. **57**:573–83.
- Trowbridge, C.D. 2001. Coexistence of introduced and native congeneric algae: *Codium fragile* and *C. tomentosum* on Irish rocky intertidal shores. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. **81**:931–7.
- Wang, H.M.D., Chen, C.-C., Huynh, P. & Chang, J.-S. 2015. Exploring the potential of using algae in cosmetics. *Bioresource Technology*. **184**:355–62.
- Wells, E., Wilkinson, M., Wood, P. & Scanlan, C. 2007. The use of macroalgal species richness and composition on intertidal rocky seashores in the assessment of ecological quality under the European Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin*. **55**:151–61.
- Zhang, C., Show, P.L. & Ho, S.H. 2019. Progress and perspective on algal plastics – A critical review. *Bioresource Technology*. **289**:121700.