



Interreg
España - Portugal

Fondo Europeo de Desarrollo Regional
Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional



UNION EUROPEA
UNIÃO EUROPEIA



ALGALUP

· Green future ·

E.2.1.3.b AVALIAÇÃO DA RECUPERAÇÃO DE ESPÉCIES COM INTERESSE COMERCIAL

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
1. Introdução geral	4
1.1 Características das macroalgas, relevância ecológica e económica	4
1.2 Recolha de macroalgas.....	5
2. Material e métodos.....	8
2.1 Espécies-alvo	8
<i>Codium Stackhouse, 1797</i>	8
<i>Osmundea pinnatifida (Hudson) Stackhouse 1809</i>	9
2.2 Área de estudo	9
2.3 Desenho experimental	10
2.4 Relação percentagem cobertura e biomassa.....	12
3 Resultados e discussão.....	13
3.1 Taxa de colheita	13
3.2 Variação sazonal da biomassa.....	14
3.2.1 <i>Biomassa restante no início da experiência</i>	14
3.2.2 <i>Seguimento da biomassa ao longo da experiência</i>	14
<i>Codium spp.</i>	14
<i>O. pinnatifida</i>	16
4 Conclusões preliminares	18
Referências.....	19

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Recolha de macroalgas por Corte (a) e Arranque (b).	5
Figura 2 Fotografias de <i>Codium</i> spp. durante a baixa-mar.....	8
Figura 3 Fotografias de <i>Osmundea pinnatifida</i> durante a baixa-mar.....	9
Figura 4 Localização geográfica das áreas de estudo: (a) Viana do Castelo, (b) Belinho e (c) Aguçadoura, no Norte de Portugal.	10
Figura 5 Exemplo de quadrado a usar para a determinação da percentagem de cobertura.....	11
Figura 6 Desenho experimental em cada praia - C (Controlo), T1 (Corte), T2 (Arranque).	11
Figura 7 Quadrado (sem divisão) para registo fotográfico da evolução da recuperação das espécies-alvo ao longo de toda a experiência. 1 – Marcas fixas ao substrato rochoso; 2 – Ardósia identificativa.....	12
Figura 8 Regressões da relação entre: o logaritmo natural da percentagem de cobertura (PC) e o logaritmo natural do peso seco (PS) para <i>O. pinnatifida</i> (n = 65) e <i>Codium</i> spp. (n = 41) (p < 0,05 para ambas as regressões).....	12
Figura 9 Esquema da relação entre Biomassa Colhida (BC), Biomassa Restante (BR) e Biomassa Total (BT) Gendron et al. (2018).....	13
Figura 10 Taxa de colheita (TC) (%) de <i>Codium</i> spp. e <i>Osmundea pinnatifida</i> , no início da experiência, em ambas as praias, aplicando os tratamentos Corte e Arranque. As barras de erro mostram o erro padrão.....	13
Figura 11 Biomassa restante (BR) (g. 0,25m ⁻²) de <i>Codium</i> spp. e <i>Osmundea pinnatifida</i> , no início da experiência, em ambas as praias, após a aplicação dos tratamentos Corte e Arranque. As barras de erro correspondem ao erro padrão.....	14
Figura 12 Variação média da biomassa seca de <i>Codium</i> spp. (g. 0,25m ⁻²) ao longo dos 12 meses de amostragem na praia de Aguçadoura e Viana do Castelo.....	15
Figura 13 Variação média da biomassa seca de <i>Osmundea pinnatifida</i> (g. 0,25m ⁻²) ao longo dos 15 meses de amostragem na praia de Belinho e Viana do Castelo	17

1. INTRODUÇÃO GERAL

1.1 Características das macroalgas, relevância ecológica e económica

As macroalgas são amplamente utilizadas para caracterizar e monitorizar ecossistemas costeiros (Piazzì et al. 2002, Juanes et al. 2008) devido à sua elevada diversidade, sensibilidade às condições locais e ampla distribuição em praias rochosas temperadas (Petraitis et al. 2008). A distribuição, composição e abundância das algas dependem de fatores físicos (p/ex: marés, luz, substrato, dessecação, exposição a ondas e temperatura), químicos (p/ex: pH, nutrientes e salinidade) e biológicos (p/ex: competição) que afetam o crescimento e a biomassa disponível (Krause-Jensen et al. 2007).

As algas são ecológica e economicamente importantes, fornecendo bilhões de euros em serviços de ecossistemas (Monagail et al. 2017). Estes organismos desempenham um papel importante nos ecossistemas costeiros como principais produtores primários (Mineur et al. 2015) e fornecedores de alimentos, refúgio e habitat complexo para inúmeras espécies (Lorentsen et al. 2010, Rebours et al. 2014). Adicionalmente, há um uso industrial crescente de macroalgas. A maior parte das espécies recolhidas em todo o mundo é consumida diretamente pelos humanos como alimento (Mohamed et al. 2012), ou utilizada para extração comercial de ficocolóides (carragenina, agar e alginato) (Wang et al. 2015), com aplicação na indústria alimentar (como iogurtes e sorvetes) e produção de cosméticos (por exemplo, condicionadores de cabelo e pasta dos dentes) (Soares et al. 2017). Além disso, as algas comestíveis são uma fonte potencial de produtos de alto valor acrescentado que podem ser utilizados como ingredientes funcionais, suplementos alimentares, aromatizantes e corantes naturais (Plaza et al. 2008, Cardoso et al. 2014).

Embora as macroalgas sejam amplamente consumidas pelas populações costeiras em vários países, ainda podem ser consideradas um recurso subutilizado (Fayaz et al. 2005). Das cerca de 10.000 espécies atualmente identificadas, apenas 5% são utilizadas na alimentação humana ou animal, principalmente na Ásia (Gaspar et al. 2012). No início do século XXI, segundo dados da FAO, entre 7,5 e 8 milhões de toneladas de algas (peso fresco) eram utilizadas pela indústria. A produção de algas por recolha no meio natural permanece relativamente estável desde 2000, variando entre 1 e 1,3 milhões de toneladas anualmente (Monagail et al. 2017). Na Europa, a produção de algas atingiu 275.390 toneladas em 2014, das quais 99% foram provenientes da colheita de algas selvagens (FAO 2018).

Em Portugal, as macroalgas intertidais são um recurso natural pouco estudado em termos de potenciais benefícios económicos (Gaspar et al. 2019). Neste país, 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*, *Palmariata* e *Chondrus crispus*) e é tradicionalmente colhido 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 em Portugal, recolhida principalmente ao longo da costa sudoeste, para extração de agar (Matos et al. 2020).

1.2 Recolha de macroalgas

Ao contrário do que ocorria anteriormente com a exploração de um novo recurso, as empresas atualmente procuram assegurar que operam de forma sensata e sustentável (Angus 2017). A recolha de macroalgas selvagens geralmente ocorre através do corte ou arranque (Figura 1) de talos mono-específicos de macroalgas em substrato rochoso, ou pela recolha de frondes arrancadas pela ação marítima e arrojadas na praia, incluindo várias espécies misturadas (Monagail et al. 2017).

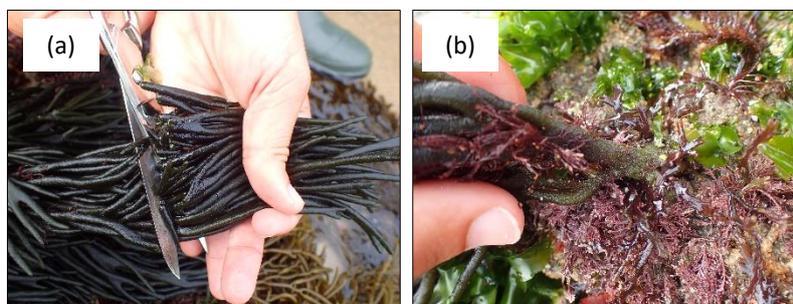


Figura 1 Recolha de macroalgas por Corte (a) e Arranque (b).

A recolha da biomassa arrojada pode ser realizada usando redes, animais, *bulldozers* ou tratores, e pode constituir uma importante atividade para comunidades costeiras em várias regiões do mundo (Monagail et al. 2017). O seu uso é considerado ecologicamente mais sustentável do que a recolha das macroalgas que ainda estão ligadas ao substrato, contudo deve ser evitada uma recolha completa, uma vez que desempenham uma função-chave nas cadeias tróficas litorais ao favorecer a presença de invertebrados que servem de alimento às aves (Orr 2013). A recolha excessiva de macroalgas para responder à crescente procura tem levado à

deterioração de algumas áreas onde estas se encontram e originando risco de sobre-exploração (Ugarte & Sharp 2001). Desta forma, existe a necessidade de adotar estratégias de gestão e de alertar os intervenientes para uma atitude mais responsável (Ugarte & Sharp 2001).

Vários estudos apontam para um declínio mundial de macroalgas formadoras de habitat em costas rochosas, devido a ação humana, nomeadamente a colheita (Halpern et al. 2008). Com a crescente procura de macroalgas, avaliar o impacto da sua recolha, nas espécies-alvo e nas associações de macroalgas envolventes, é importante para definir as potenciais consequências das perturbações nas funções críticas do ecossistema, como a produtividade primária (Stagnol et al. 2016). A perda de espécies que constituem habitats, por exemplo através da sua recolha excessiva, é uma grave ameaça aos ecossistemas, com a redução ou perda de diversidade, queda na abundância e riqueza de invertebrados, alteração na composição das comunidades ou redução da produtividade primária e da biomassa de macroalgas (Benedetti-Cecchi et al. 2001). As consequências a curto e longo prazo da sua perda começam agora a ser compreendidas, mas há ainda pouca investigação realizada *in situ* para avaliar o efeito da recolha manual, pois depende das espécies em questão, que têm ciclos de vida e estruturas populacionais diferentes (Benedetti-Cecchi et al. 2001).

Torna-se assim necessário avaliar a biomassa existente e as dinâmicas de recuperação deste recurso para que seja possível regular no futuro a sua exploração, e assim, minimizar os riscos ecológicos derivados desta atividade (Angus 2017). A capacidade de regeneração e recuperação das espécies-alvo e das comunidades associadas é influenciada pelas técnicas de recolha, através de corte ou arranque, intensidade de exploração e homogeneidade da recolha (Kelly et al. 2001). Em Portugal, assim como na maioria dos países atlânticos europeus, incluindo Espanha, Irlanda e França, a propriedade dos recursos de macroalgas pertence sobretudo ao Estado, estando a orla costeira, geralmente entre os limites da baixa e preia mar e, em certos casos, o solo marinho até às 8-12 milhas náuticas, sob a jurisdição estatal (Monagail et al. 2017). A recolha de macroalgas para propósitos não-comerciais, como o consumo pessoal, não é presentemente regulada ou gerida em Portugal por parte das autoridades, contudo a recolha de biomassa das macroalgas lançada para as praias pelo mar, usando tratores, está sujeita a autorização pelas autoridades locais (Monagail et al. 2017). Mais recentemente, surgiram novas empresas, como a Alga+, a AlgaFuel e a Wedotech, que desenvolveram ações no sentido de aproveitar o potencial biotecnológico das macroalgas, particularmente nas vertentes alimentar, industrial e farmacêutico, incluindo o desenvolvimento da aquacultura, com vista à sustentabilidade do aproveitamento deste recurso (Cardoso et al. 2014).

A aquisição de informação base sobre a colheita de macroalgas é importante para a futura definição de planos de gestão dos ecossistemas marinhos dominados por estes

organismos, assim como para a regulamentação da atividade de recolha de espécies com valor comercial. Desta forma, é possível contribuir para a definição de medidas de gestão para a recolha, comercial e não comercial, destas espécies de forma sustentável e ecologicamente viável. 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. Particularmente neste estudo foi possível avaliar o efeito de dois métodos de recolha de macroalgas - o corte de dois terços das frondes e o arranque - na recuperação da biomassa de duas espécies de potencial interesse comercial, *Codium* spp. e *Osmundea pinnatifida*.

A Área de Cooperação Transfronteiriça entre Espanha e Portugal caracteriza-se por uma elevada diversidade e qualidade ambiental. Particularmente, o ambiente marinho alberga ecossistemas muito ricos que são objeto de atividades económicas e possuem um elevado potencial de inovação. As águas atlânticas de Portugal 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, o que está relacionado com as particulares condições biogeográficas e com a diversidade de habitats existentes na costa portuguesa, tornando-a uma das principais áreas produtoras primárias da costa atlântica. Por esta razão, apesar de cada espécie de macroalga ter um padrão de distribuição geográfica e ecológico próprio, existem inúmeras espécies de interesse que podem ser encontradas ao longo de todo este litoral.

Este documento é um relatório onde se descreve a metodologia utilizada na recolha de dados, assim como os resultados obtidos e as principais conclusões sobre a recuperação de espécies de interesse comercial após sujeitas a dois tratamentos de colheita, no Norte de Portugal.

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), utilizaram-se duas espécies representativas de ambas as áreas geográficas e consideradas relevantes pelo consórcio ALGALUP em termos de abundância e potencial interesse comercial (para mais informações consulte o documento de relatório 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:

***Osmundea pinnatifida* (Hudson) Stackhouse 1809** (Figura 2)

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 exótica originária do Pacífico com um comportamento oportunista (Costa et al. 2015). *Codium* é uma fonte de galactanos sulfatados e, por isso, têm-se realizado alguns estudos para a avaliação da sua utilidade biotecnológica, com vista à sua utilização para fins terapêuticos e também como comida gourmet (Wang et al. 2014). Possuem na sua composição compostos com propriedades bioativas (por exemplo, anticoagulante e antioxidante). Quanto à cosmética, trata-se do principal componente de diversos produtos, incluindo cremes de corpo, hidratantes e esfoliantes (Wang et al. 2015).



Figura 2 Fotografias de *Codium* spp. durante a baixa-mar.

Osmundea pinnatifida (Hudson) Stackhouse 1809

Osmundea 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., 2012). *O. pinnatifida* é vulgarmente conhecida como “erva malagueta” devido ao seu sabor levemente picante e como tal, depois de seca, pode ser utilizada como tempero (Paiva et al. 2014). Na área farmacêutica, há crescente interesse nesta macroalga, uma vez que oferece minerais (potássio, sódio, cálcio e magnésio), vitaminas A e E, assim como ácidos gordos, incluindo o ácido linoleico, proteínas e fibras (Paiva et al. 2014). A *O. pinnatifida* colhida em Portugal tem elevado conteúdo de manitol, um açúcar alcoólico natural com numerosos usos farmacêuticos e alimentares (Andrade et al. 2013).



Figura 3 Fotografias de *Osmundea pinnatifida* durante a baixa-mar.

2.2 Área de estudo

O presente trabalho realizou-se em três praias da costa Norte de Portugal (Figura 4). A experiência com *Codium* spp. decorreu em Aguçadoura (41.430° N, 8.784° O) e Viana do Castelo (41.697° N, 8.853° O) e a experiência com *O. pinnatifida* ocorreu também em Viana do Castelo e em Belinho (41.591° N, 8.805° O). Estas praias possuem uma extensa plataforma rochosa com

uma elevada abundância das duas espécies-alvo. Estes níveis elevados de biomassa permitiram que a experiência não causasse efeitos negativos irreversíveis na recuperação das espécies.

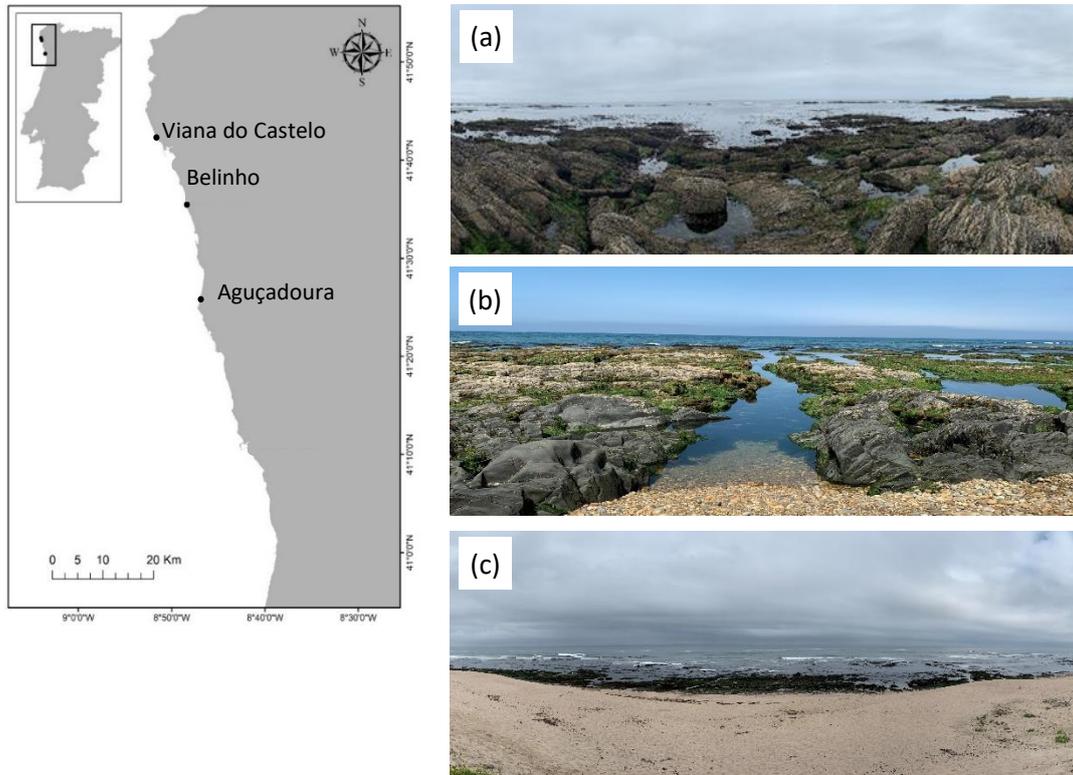


Figura 4 Localização geográfica das áreas de estudo: (a) Viana do Castelo, (b) Belinho e (c) Aguçadoura, no Norte de Portugal.

2.3 Desenho experimental

O método mais utilizado em estudos de comunidade de macroalgas do intertidal rochoso para a avaliação da composição específica é o método do quadrado. É um método preciso, eficiente, e a sua principal vantagem é o facto de ser possível a identificação das macroalgas até ao nível da espécie, para além de ser uma unidade de amostragem de fácil aplicação. Desta forma, a percentagem de cobertura das espécies-alvo ao longo de toda a experiência 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 5).



Figura 5 Exemplo de quadrado a usar para a determinação da percentagem de cobertura.

Em cada praia estabeleceram-se 3 blocos contíguos, cada um contendo 3 quadrados, totalizando 9 quadrados por praia. Em cada quadrado, foram aplicados de forma aleatória os seguintes tratamentos às espécies-alvo: Controlo – C (sem qualquer manipulação), Corte – T1 (corte das frondes a uma altura de dois terços da base) e Arranque – T2 (colheita manual com remoção, ou não, da base) (Figura 6). De forma a acompanhar toda a experiência nos mesmos quadrados inicialmente estabelecidos, estes foram identificados no substrato rochoso através da fixação de placas numeradas nos dois vértices opostos do quadrado (Figura 7). A experiência decorreu no litoral médio e inferior durante a baixa-mar.

Ao longo da experiência, antes de se proceder ao registo da percentagem de cobertura das espécies-alvo, usando o quadrado de amostragem (figura 5), foi colocado o quadrado da figura 7 de modo a ter um registo fotográfico da evolução da recuperação da biomassa destas espécies. Adicionalmente, foi também colocada uma ardósia com um código identificativo dessa réplica, facilitando a análise de dados a efetuar à posteriori.

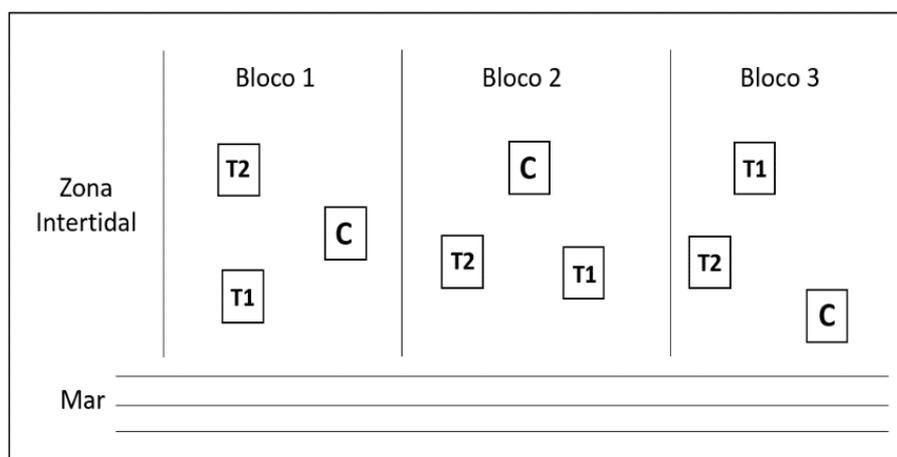


Figura 6 Desenho experimental em cada praia - C (Controlo), T1 (Corte), T2 (Arranque).



Figura 7 Quadrado (sem divisão) para registo fotográfico da evolução da recuperação das espécies-alvo ao longo de toda a experiência. 1 – Marcas fixas ao substrato rochoso; 2 – Ardósia identificativa.

Os tratamentos foram aplicados no início a experiência (mês zero – M0), com registo da percentagem de cobertura antes e depois da aplicação. O registo da percentagem de cobertura foi realizado mensalmente, sempre que as condições do estado do mar e atmosféricas permitiram. A experiência de *Codium* spp. (praia de Aguçadoura e Viana do Castelo) iniciou-se em julho de 2018 (jul/18 – M0) ainda no âmbito do projeto ECOSERVICES, anterior ao ALGALUP e foi realizada periodicamente ao longo de 12 meses. Para *O. pinnatifida* (Praias de Belinho e Viana do Castelo), a amostragem teve início em abril de 2018 (abr/18 – M0) e teve duração de 15 meses.

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 (Figura 8). 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).

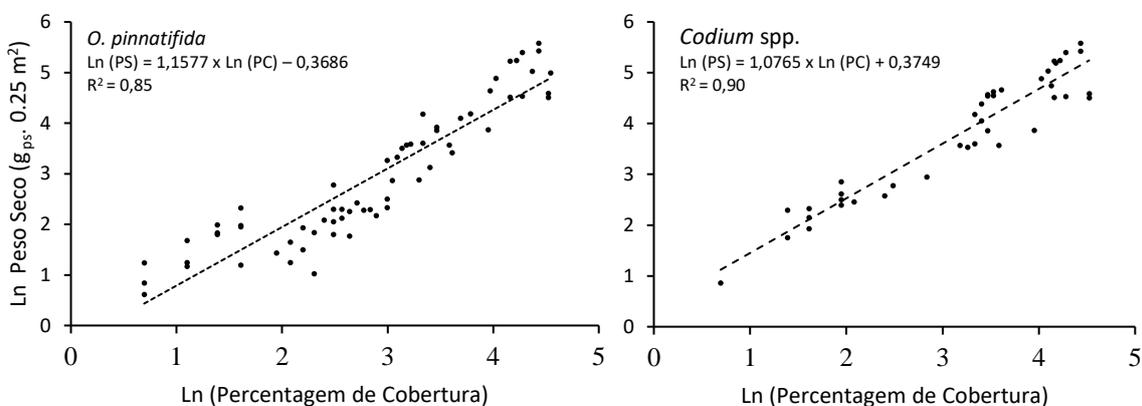


Figura 8 Regressões da relação entre: o logaritmo natural da percentagem de cobertura (PC) e o logaritmo natural do peso seco (PS) para *O. pinnatifida* (n = 65) e *Codium* spp. (n = 41) ($p < 0,05$ para ambas as regressões).

Na primeira amostragem (M0), a Biomassa Total (BT) de cada Tratamento foi obtida através da soma da Biomassa Colhida (BC), por Corte ou Arranque das espécies-alvo, com a Biomassa Restante (BR) desse tratamento (Figura 9). A biomassa colhida foi transportada para o laboratório e o seu peso seco foi determinado (peso constante obtido após secagem em estufa a 60 °C). A biomassa restante (BR), em cada quadrado de tratamento, foi estimada com base na percentagem de cobertura restante das espécies-alvo, usando as equações da figura 8. Estas medidas foram usadas para calcular a Taxa de Colheita (TC) de forma a avaliar a eficácia dos tratamentos seguindo Gendron et al. (2018) (Figura 9).

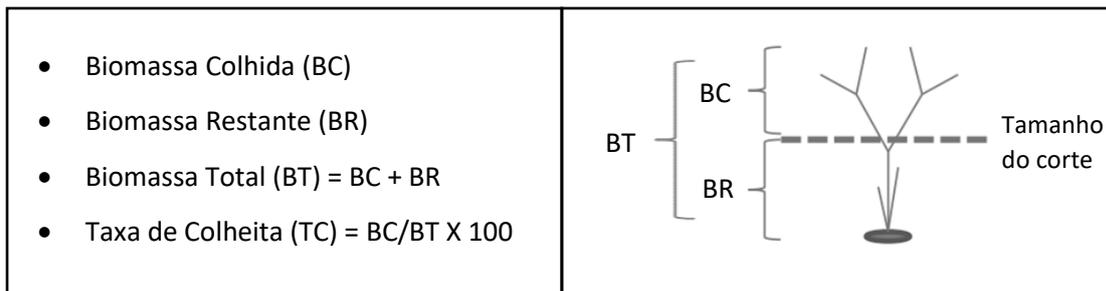


Figura 9 Esquema da relação entre Biomassa Colhida (BC), Biomassa Restante (BR) e Biomassa Total (BT) Gendron et al. (2018).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Taxa de colheita

Os resultados referentes ao indicador Taxa de Colheita indicam que a biomassa, em termos percentuais, recolhida em ambas as espécies pelo método de arranque, foi semelhante. Relativamente ao método de corte, esses valores foram inferiores ao método de arranque (tal como esperado) e *O. pinnatifida* apresentou os valores observados mais baixos (Figura 10).

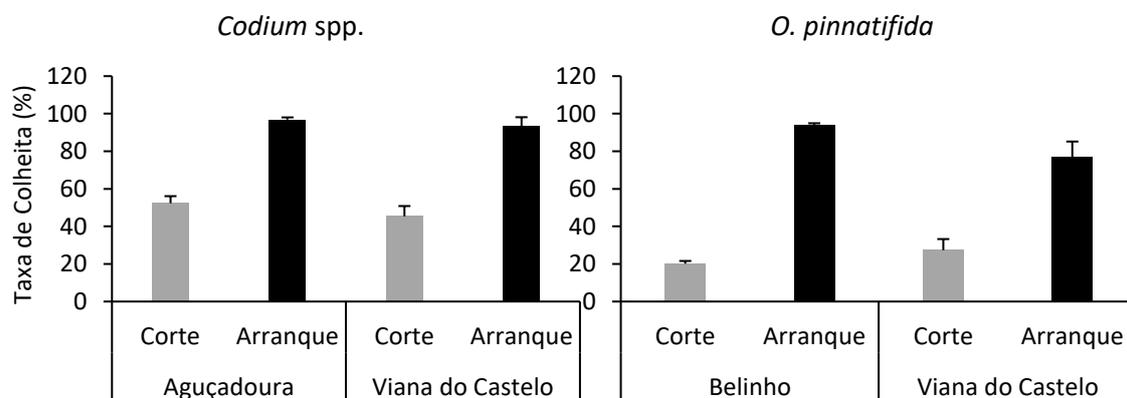


Figura 10 Taxa de colheita (TC) (%) de *Codium* spp. e *Osmundea pinnatifida*, no início da experiência, em ambas as praias, aplicando os tratamentos Corte e Arranque. As barras de erro mostram o erro padrão.

3.2 Variação sazonal da biomassa

3.2.1 Biomassa restante no início da experiência

Após a aplicação do tratamento, determinaram-se os valores de biomassa – seca para cada uma das espécies, através dos valores de percentagem de cobertura registados durante a amostragem. Na figura 11 estão representados os dados da biomassa média registados após a aplicação dos dois tratamentos (Corte e Arranque) no início da experiência (M0). Da inspeção visual da figura 11, verifica-se que os maiores valores de biomassa restante (após a colheita) foram observados para o tratamento Controlo, seguindo-se o tratamento Corte e por último o tratamento Arranque. Estes resultados estão de acordo com os valores de taxa de colheita registados (Figura 10).

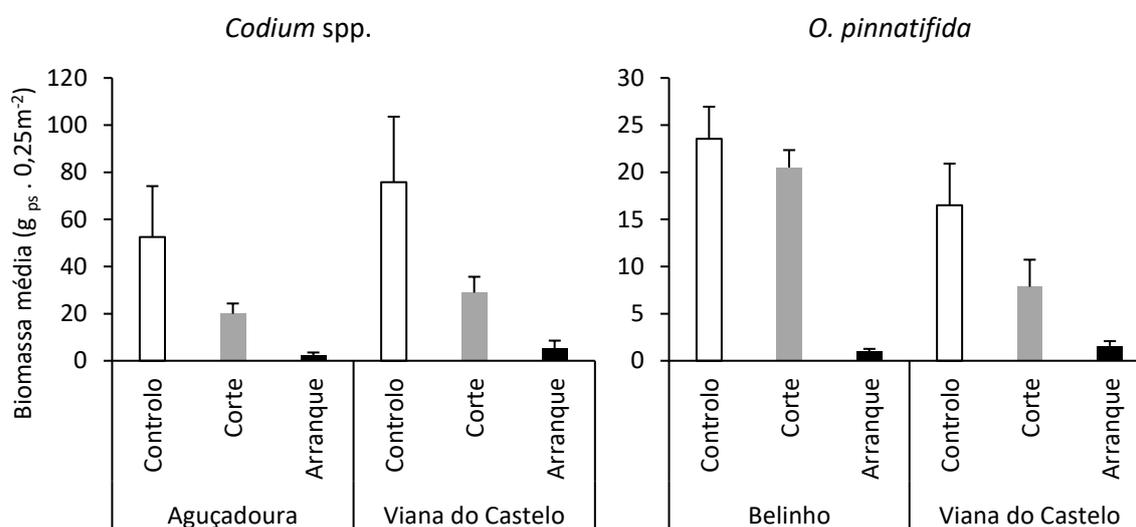


Figura 11 Biomassa restante (BR) (g_{ps} · 0,25m⁻²) de *Codium spp.* e *Osmundea pinnatifida*, no início da experiência, em ambas as praias, após a aplicação dos tratamentos Corte e Arranque. As barras de erro correspondem ao erro padrão.

3.2.2 Seguimento da biomassa ao longo da experiência

Codium spp.

Em ambas as praias (Aguçadoura e Viana do Castelo), a biomassa seca de *Codium spp.* apresentou dois picos gerais principais, no início e no final da experiência, sendo mais pronunciados na praia de Viana do Castelo (Figura 12). Durante a experiência, os valores de biomassa no Controlo estiveram sempre acima, ou no mesmo nível, dos valores correspondentes aos tratamentos Corte e Arranque. Em geral, os valores do Arranque foram menores, nomeadamente, entre out/18 e mai/19 esses valores foram próximos de zero. Assim, pode afirmar-se que em ambas as praias nos meses de outubro 2018 a maio de 2019 observaram-se os valores mais baixos de biomassa para os três tratamentos. Por outro lado, em

Viana do Castelo no final da experiência (outubro 2019) os tratamentos Corte e Arranque recuperaram para valores muito próximos dos observados no tratamento Controlo no início da experiência (julho 2018), tendo mesmo o tratamento Corte atingidos valores superiores. Já em Aguçadoura houve um declínio generalizado da biomassa de *Codium* spp. nos tratamentos Controlo e Corte, relativamente ao início da experiência (julho 2018), ainda que o tratamento Arranque tenha recuperado ligeiramente. Pode então argumentar-se que 15 meses após o início da experiência houve uma recuperação total da biomassa de *Codium* spp. na praia de Viana, o que não foi observado em Aguçadoura.

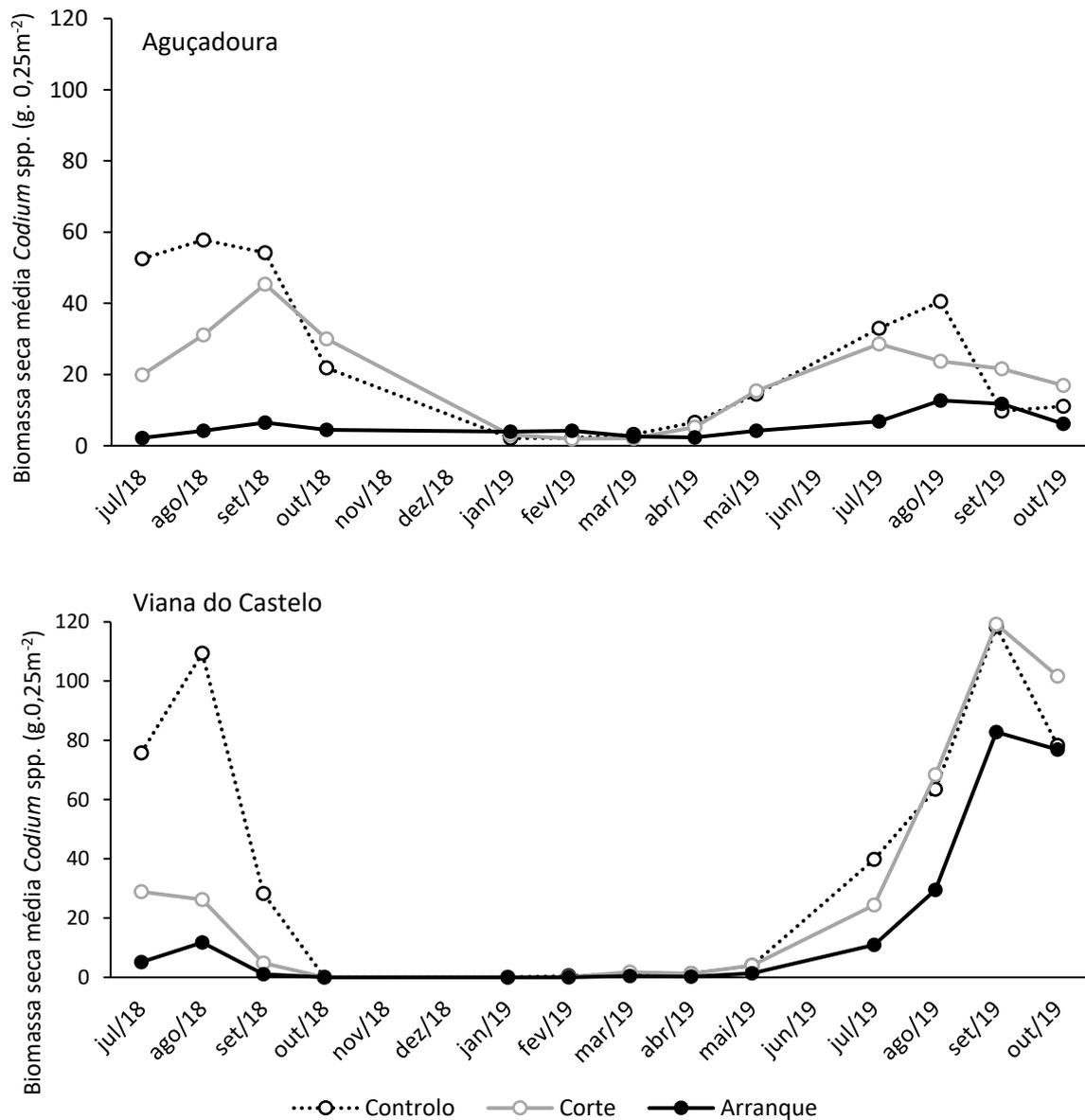


Figura 12 Variação média da biomassa seca de *Codium* spp. (g. 0,25m⁻²) ao longo dos 12 meses de amostragem na praia de Aguçadoura e Viana do Castelo.

O. pinnatifida

Durante a experiência, as duas praias (Belinho e Viana do Castelo) apresentaram diferentes padrões de variação da biomassa seca de *Osmundea pinnatifida* (Figura 13). Na praia de Belinho, houve um pico inicial seguido de um declínio, com algumas oscilações durante os meses de primavera. Pelo contrário, na praia de Viana do Castelo, os valores de biomassa seca permaneceram baixos até jul/19 com pico posterior no final da experiência. Em ambas as praias, os valores do tratamento Arranque foram sempre inferiores aos do tratamento Corte e Controlo. Assim, pode afirmar-se que em ambas as praias nos meses de outubro 2018 a janeiro de 2019 observaram-se os valores mais baixos de biomassa para os três tratamentos. Por outro lado, em Viana do Castelo no final da experiência (novembro 2019) os tratamentos Controlo e Arranque recuperaram para valores superiores aos observados no tratamento Controlo no início da experiência (maio 2018), tendo o tratamento Corte ficado abaixo desse valor. Já em Belinho, houve um declínio generalizado da biomassa de *O pinnatifida* nos tratamentos Controlo e Corte (que se aproximaram entre si), relativamente ao início da experiência (abril 2018), ainda que o tratamento Arranque tenha recuperado ligeiramente. Pode então argumentar-se que houve uma convergência entre os tratamentos Corte e Arranque em Viana do Castelo, enquanto que em Belinho essa convergência deu-se entre os tratamentos Controlo e Corte. Essas discrepâncias indiciam possíveis fatores atuando diferencialmente em ambas as praias que se evidenciam pela recuperação do tratamento Controlo para valores superiores aos observados no início da experiência em Viana do Castelo, ao contrário do que aconteceu em Belinho em que a biomassa do tratamento Controlo diminuiu drasticamente relativamente ao início da experiência. Adicionalmente, denota-se que, na praia de Belinho, os valores de biomassa foram maiores durante a primavera/verão 2018, enquanto que em Viana do Castelo, foi durante o verão 2019 que os valores foram superiores, revelando uma variação interanual de acordo com a praia.

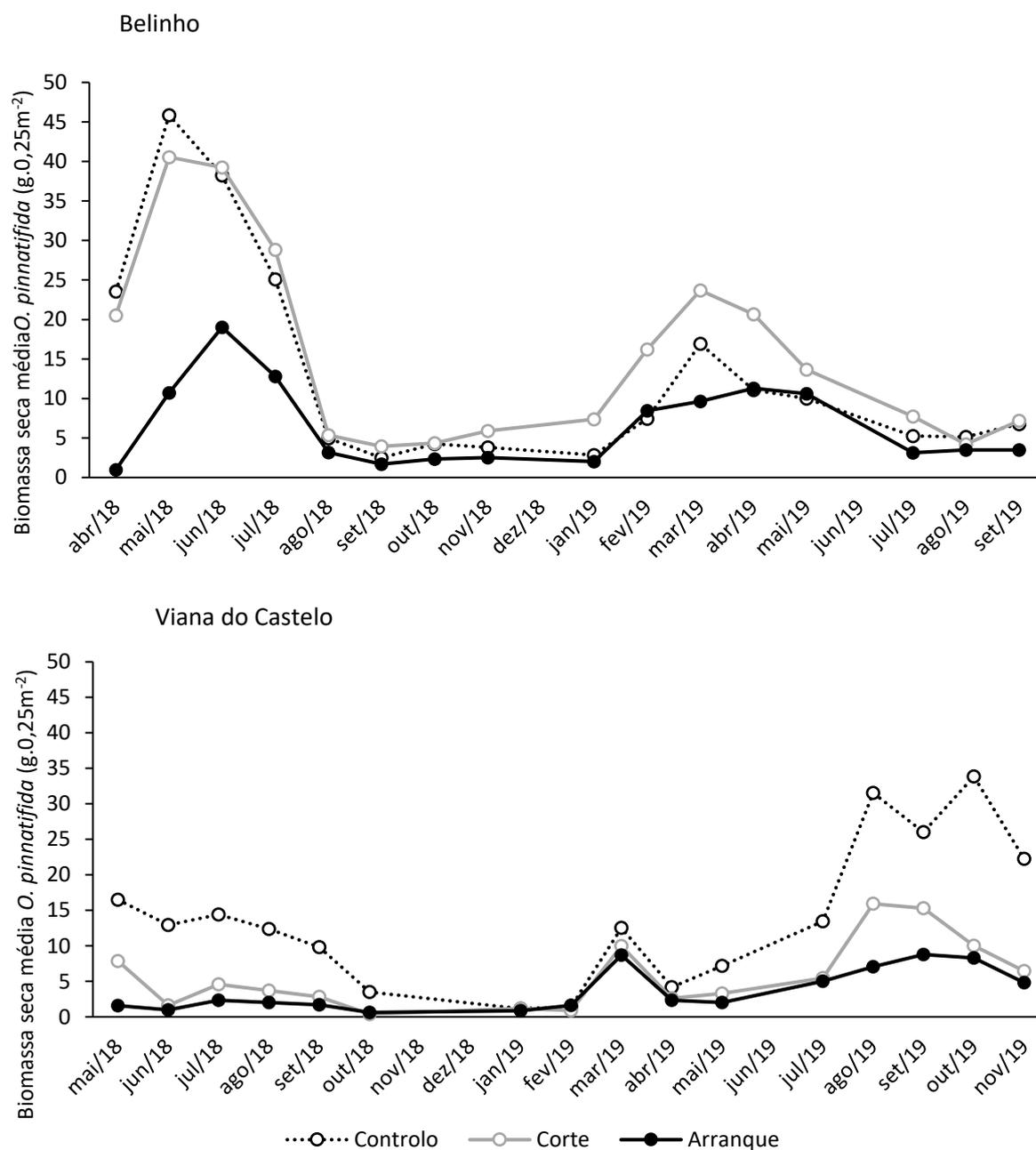


Figura 13 Variação média da biomassa seca de *Osmundea pinnatifida* (g. 0,25m²) ao longo dos 15 meses de amostragem na praia de Belinho e Viana do Castelo

4 CONCLUSÕES PRELIMINARES

A informação descrita neste documento serve como possível base para uma futura definição de planos de gestão dos ecossistemas dominados por macroalgas e para a regulamentação da sua recolha. As espécies alvo revelaram uma variabilidade espacial e sazonal que deverá ser tida em conta no desenvolvimento destas medidas de gestão. No entanto, esta mesma variabilidade não permitiu obter conclusões precisas sobre qual o Tratamento (Corte ou Arranque) será mais adequado do ponto de vista da recuperação de biomassa. Ainda assim, ecologicamente falando é permissível assumir que o arranque terá sempre um maior impacto na recuperação da biomassa das espécies. Adicionalmente, a variabilidade entre praias, devido às especificidades da comunidade bentónica e aos fatores abióticos que a influenciam, condicionaram as respostas aos tratamentos. As duas espécies-alvo deste trabalho, *Codium* spp. e *O. pinnatifida*, são espécies 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 uma forma geral em concordância com os valores de biomassa registados durante a experiência.

A variabilidade espacial, dentro e entre as praias, e a variabilidade temporal, a nível mensal, sazonal e anual, reveladas por estas experiências, indicam que estamos perante sistemas muito heterogéneos a diferentes escalas. Os resultados indicam que as macroalgas *Codium* spp. e *O. pinnatifida* quando sujeitas aos mesmos tratamentos reagem de forma diferente conforme a praia em questão, pelo que devem ser interpretados com cautela evitando-se generalizações. Assim, em futuros estudos alargados a outras espécies, os resultados deverão ser interpretados tendo em conta os padrões de variação sazonal da biomassa destas espécies à escala anual e interanual. Por outro lado, uma vez que experiências realizadas *in situ* estão sujeitas à influência de fatores não controláveis, dever-se-á sempre que possível minimizar o efeito de acção antrópica como o pisoteio, a perturbação do substrato na apanha de invertebrados ou até colheita esporádica de macroalgas na zona de estudo, pelo que se recomenda a implementação de experiências de simulação de colheita de macroalgas em zonas protegidas devidamente controladas.

Apesar de possíveis limitações associados a este tipo de trabalho, o evidente interesse sobre as espécies-alvo, ao qual não se podem alhear as crescentes preocupações com as

alterações climáticas e os seus potenciais efeitos, demonstra que a prossecução destes estudos, essenciais para apoiar o desenvolvimento de uma gestão sustentável na recolha de *O. pinnatifida* e *Codium* spp., serão um esforço compensador para a proteção do ecossistema.

REFERÊNCIAS

- Andrade, P.B., Barbosa, M., Matos, R.P., Lopes, G., Vinholes, J., Mouga, T. & Valentão, P. 2013. Valuable compounds in macroalgae extracts. *Food Chemistry*. **138**:1819–28.
- Angus, S. 2017. Modern Seaweed Harvesting and Gathering in Scotland: The Legal and Ecological Context*. *Scottish Geographical Journal*. **133**:101–14.
- 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.
- 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.
- Benedetti-Cecchi, L., Pannacciulli, F., Bulleri, F., Moschella, P.S., Airoldi, L., Relini, G. & Cinelli, F. 2001. Predicting the consequences of anthropogenic disturbance: Large-scale effects of loss of canopy algae on rocky shores. *Marine Ecology Progress Series*. **214**:137–50.
- 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)*
- 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.
- Cardoso, S., Carvalho, L.G., Silva, P.J., Rodrigues, M.S., Pereira, O.R. & Pereira, L. 2014. Bioproducts from Seaweeds: A review with special focus on the Iberian Peninsula. *Current Organic Chemistry*. **18**:896–917.
- 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.
- FAO 2018. The global status of seaweed production, trade and utilization. *FAO Globefish Research Programme*. **124**:120.
- Fayaz, M., Namitha, K.K., Murthy, K.N.C., Swamy, M.M., Sarada, R., Khanam, S., Subbarao, P. V. et al. 2005. Chemical composition, iron bioavailability, and antioxidant activity of *Kappaphycus alvarezzi* (Doty). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **53**:792–7.
- 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.
- Gaspar, R., Pereira, L. & Neto, J.M. 2012. Ecological reference conditions and quality states of marine macroalgae sensu Water Framework Directive: An example from the intertidal rocky shores of the Portuguese coastal waters. *Ecological Indicators*. **19**:24–38.
- Gaspar, R., Pereira, L. & Sousa-Pinto, I. 2019. The seaweed resources of Portugal. *Botanica Marina*. **62**:499–525.
- Gendron, L., Merzouk, A., Bergeron, P. & Johnson, L.E. 2018. Managing disturbance: the response of a dominant intertidal seaweed *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis to different frequencies and intensities of harvesting. *Journal of Applied Phycology*. **30**:1877–92.
- Halpern, B.S., Walbridge, S., Selkoe, K.A., Kappel, C. V., Micheli, F., D'Agrosa, C., Bruno, J.F. et al. 2008. A Global Map of Human Impact on Marine Ecosystems. *Science*. **319**:948–53.
- Kelly, L., Collier, L., Costello, M.J., Diver, M., Mcgarvey, S., Kraan, S., Morrissey, J. et al. 2001. Impact Assessment of Hand and Mechanical Harvesting of *Ascophyllum nodosum* on

Regeneration and Biodiversity.

- Krause-Jensen, D., Carstensen, J. & Dahl, K. 2007. Total and opportunistic algal cover in relation to environmental variables. *Marine Pollution Bulletin*. **55**:114–25.
- Lorentsen, S., Sjøtun, K. & Grémillet, D. 2010. Multi-trophic consequences of kelp harvest. *Biological Conservation*. **143**:2054–62.
- 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.
- 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.
- Orr, K.K. 2013. Predicting the ecosystem effects of harvesting beach-cast kelp for biofuel A thesis presented for the degree of Doctor of Philosophy at the University of Aberdeen Declaration.
- 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.
- 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.
- 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.
- Rebours, C., Marinho-Soriano, E., Zertuche-González, J.A., Hayashi, L., Vásquez, J.A., Kradolfer, P., Soriano, G. et al. 2014. Seaweeds: An opportunity for wealth and sustainable livelihood for coastal communities. *Journal of Applied Phycology*. **26**:1939–51.
- 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.
- 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, M.D., Fox, H.E., Allen, G.R., Davidson, N., Ferdaña, 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.
- Stagnol, D., Michel, R. & Davoult, D. 2016. Unravelling the impact of harvesting pressure on canopy-forming macroalgae. *Marine and Freshwater Research*. **67**:153–61.
- 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.
- Ugarte, R.A. & Sharp, G. 2001. A new approach to seaweed management in Eastern Canada: The case of Ascophyllum nodosum. *Cahiers de Biologie Marine*. **42**:63–70.
- 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.
- Wang, L., Wang, X., Wu, H. & Liu, R. 2014. Overview on biological activities and molecular characteristics of sulfated polysaccharides from marine green algae in recent years. *Marine Drugs*. **12**:4984–5020.