

Sargaço – Importância ecológica, riscos e potenciais aplicações

As praias arenosas são a representação da interface dinâmica entre os ecossistemas marinho e terrestre e têm sido alvo de diversos estudos, sendo o sargaço o exemplo de uma das interações mais estudadas neste âmbito. O sargaço é o resultado da acumulação da matéria orgânica de organismos alóctones, como ervas marinhas e macroalgas nas praias, cuja composição em termos de espécies varia de acordo com inúmeros fatores. A sua localização espaço-temporal também varia, pois este resíduo é influenciado pelas correntes marítimas e pelo ambiente da praia onde é depositado. O sargaço desempenha inúmeras funções ecológicas, servindo de alimento, abrigo e habitat a inúmeras espécies, é considerado um *hotspot* biogeoquímico e, após a sua decomposição, pode fertilizar as águas costeiras. Contudo, a sua acumulação em excesso acarreta inúmeros inconvenientes, como o impacto negativo no setor turístico, a libertação de gases com efeito de estufa e até mesmo a morte de alguns organismos. Deste modo, são necessárias novas estratégias para o reaproveitamento do sargaço, havendo já estudos que apontam o potencial da sua utilização para diversos fins. Esta revisão pretende mostrar igualmente a importância e os riscos da sua acumulação, salientando também alternativas para uma reutilização sustentável do mesmo.

Palavras-chave

macroalgas
alterações climáticas
economia circular
valorização de recursos

Maria Martins^{1,2*}

Cristiano Soares^{1,2}

Ruth Pereira^{1,2}

Marcos Rubal^{1,2}

Fernanda Fidalgo¹

¹ Plant Stress lab, GreenUPorto – Centro de Investigação em Produção Agroalimentar Sustentável, Departamento de Biologia, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Porto, Portugal.

² LabRisk, GreenUPorto – Centro de Investigação em Produção Agroalimentar Sustentável, Departamento de Biologia, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Porto, Portugal.

³ Laboratório de Biodiversidade Costeira, Centro de Investigação Marinha e Ambiental (CIIMAR), Universidade do Porto, Porto, Portugal.

* up201306375@fc.up.pt.

INTRODUÇÃO

As praias arenosas são a representação da interface dinâmica entre os ecossistemas marinhos e terrestres, servindo de refúgio a animais e plantas (Gómez et al. 2013, Rodil et al. 2018). As praias regulam as interações entre estes dois ecossistemas, contribuindo para o normal funcionamento de ambos (Schlacher et al. 2008). Ao longo dos anos, dada a sua complexidade, as interações entre o ecossistema marinho e terrestre têm sido bastante estudadas, considerando-se o sargaço um dos principais aspetos de ligação entre estes dois ecossistemas (Polis e Hurd 1996, Polis et al. 1997, Heck et al. 2008, Spiller et al. 2010, Mellbrand et al. 2011). O sargaço, também conhecido como “argaço” ou “limos”, é essencialmente o resultado da acumulação de diversas macroalgas (*Laminaria*, *Saccorhiza*, *Fucus*, *Sargassum*, *Codium*, *Palmaria*, *Chondrus*, *Gelidium*, entre outras) que crescem nas plataformas continentais e se desprendem pela ação das marés, chegando às praias, onde desempenha funções importantes para a manutenção dos ecossistemas. Contudo, a sua acumulação em excesso como resultado da ação antropogénica e das alterações climáticas tem inúmeras consequências (Rossi e Underwood 2002). Neste contexto, este artigo foca-se em alguns temas pertinentes relacionados com o sargaço, nomeadamente na sua relevância ecológica, nos riscos da sua acumulação em excesso e nas suas potenciais aplicações. Assim, pretende-se avaliar se, de facto, o sargaço será um recurso natural a valorizar noutras áreas.

SARGAÇO

As praias arenosas são o destino de macroalgas que, após o seu destacamento, se acumulam nestes locais e que se designam de sargaço (Figura 1) (Rossi e Underwood 2002). As espécies de macroalgas que constituem o sargaço são provenientes do destacamento das mesmas de costas rochosas que se vão acumulando ao longo de toda a zona intertidal, tendo sido esta acumulação já reportada em praias por todo o mundo, como resultado do enriquecimento nutricional das águas costeiras (Dugan et al. 2003, Piriz et al. 2003, Fox et al. 2008, Sousa-Dias e Melo 2008). As espécies constituintes do sargaço são determinadas por uma vasta gama de fatores, tais como a composição da comunidade original de algas, o ambiente marinho, a direção do vento e das correntes (Gómez et al. 2013). Desta forma, não existe um padrão claro sobre a composição destes restos vegetais, sendo reportado uma considerável diversidade de espécies (Dugan et al. 2003, Orr et al. 2005, Gómez et al. 2013). Nos níveis mais altos da maré, e em áreas mais protegidas, o sargaço pode acumular-se e permanecer durante semanas ou meses, chegando até, a ser enterrado nos sedimentos, influenciando assim as características físicas dos mesmos (Orr et al. 2005). Já nos níveis mais inferiores da maré, este é movido pelas marés e ondas do mar. Este fenómeno é o mais comum, uma vez que



FIGURA 1: Sargaço à beira mar (fotografia da autoria de Jonathan Wilkins, disponibilizada sob a licença em CCBY-SA3.0 em https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Unidentified_Sargassum).

a grande maioria do sargaço (cerca de 90%) é retirado do seu local original, sendo transportado através das correntes marítimas a diferentes distâncias (Cebrian e Duarte 2001, Orr et al. 2005). O destino do sargaço nas praias está dependente de vários fatores, tais como as características das algas que o constituem, a estrutura da população de consumidores do sargaço e das condições ambientais do próprio local. Para além disso, também são importantes fatores meteorológicos como a temperatura e a precipitação, uma vez que podem acelerar ou atenuar a sua decomposição (Lastra et al. 2015).

LOCALIZAÇÃO ESPÁCIO-TEMPORAL DO SARGAÇO

Devido à sua constante mobilidade ao longo das praias, resultante da sua deposição e transporte através do vento e das ondas, a distribuição do sargaço nestes locais pode criar mosaicos de zonas vazias e zonas preenchidas com o mesmo (Ruiz-Delgado et al. 2015). Assim, o padrão de deposição do sargaço está dependente não só da abundância e composição das espécies que o constituem, mas também das características físicas da praia (Orr et al. 2005, Gómez et al. 2013). Nesta perspetiva, a distribuição espacial do sargaço ao longo das praias depende do local onde é depositado após a ocorrência da maré, uma vez que pode aí permanecer e ser decomposto, ou ser devolvido ao mar (Orr et al. 2005), como acima referido. Se o sargaço for depositado na parte mais baixa da zona intertidal, estará sujeito à dinâmica das ondas e correntes durante todo o ciclo da maré, acumulando-se nas zonas mais altas da costa aquando do período de maré baixa (Gómez et al. 2013). Uma vez nas partes superiores da zona intertidal, o sargaço poderá permanecer durante semanas ou meses (Colombini et al. 2003), estando sujeito às condições e flutuações ambientais, e, conseqüentemente, exposto a situações de secura, podendo também sofrer decomposição (Lastra et al. 2014). A distribuição espacial e a variabilidade temporal da acumulação do sargaço nas praias têm impacto na abundância, composição e estrutura populacional dos consumidores aí presentes. Por outro lado, e de um modo recíproco, a composição e abundância dos consumidores afeta a taxa de consumo do sargaço (Lastra et al. 2015).

PROCESSO DE DECOMPOSIÇÃO DO SARGAÇO

A acumulação do sargaço na parte superior da zona intertidal, local onde o mesmo está protegido da ação das marés, está sujeita a uma diversidade de situações desfavoráveis tais como a secura, consumo por parte dos seres invertebrados aí existentes e degradação microbiana, influenciando, assim, a sua composição nutricional (Ruiz-Delgado et al. 2015). Não sendo movido através das correntes marítimas, o sargaço pode permanecer nesses locais durante semanas ou meses, o que pode promover a sua degradação. A degradação do sargaço é um processo complexo dependendo de fatores como a quantidade de sargaço existente e das características morfológicas, físico-químicas e nutricionais das macroalgas que o constituem (Orr et al. 2005, Lastra et al. 2014). A sua decomposição é um processo favorável ao ambiente onde ele está inserido, uma vez que ao ser degradado, o sargaço liberta nutrientes como o azoto (sob a forma de nitrato, nitrito e amónia) e o fósforo, quer para o sedimento arenoso onde se encontra, quer para

as águas costeiras. Uma vez dissolvidos na água, e através do escoamento das marés ao longo da costa, os nutrientes vão fertilizar toda a zona costeira (Lastra et al. 2014).

IMPORTÂNCIA ECOLÓGICA DO SARGAÇO

O sargaço tem sido reportado como um fator ecológico bastante importante nas praias (Orr et al. 2005, Olabarria et al. 2007, Macreadie et al. 2017). Ao ser exportado de zonas costeiras bastante produtivas, este resíduo é fundamental como fonte de alimento e nutrientes em locais como as praias, caracterizados como ambientes menos produtivos e com poucos produtores (Brown e McLachlan 2010). As comunidades de invertebrados existentes nas praias alimentam-se maioritariamente de sargaço. Por sua vez, estes organismos são o alimento de animais como as aves, tornando o sargaço um recurso fundamental para a manutenção da teia trófica (Ince et al. 2007, Ruiz-Delgado et al. 2015). Para além de ser uma fonte de alimento, o sargaço, em muitos dos casos, é simultaneamente o habitat de uma variedade de organismos, tais como animais invertebrados marinhos e terrestres e comunidades microbianas (Colombini et al. 2003). Desta forma, o sargaço contribui para criar microclimas que favorecem a sobrevivência deste tipo de seres vivos, em condições que em determinadas alturas do ano e do dia se podem tornar extremas, assim como funciona como um abrigo em condições desfavoráveis menos previsíveis (Dugan et al. 2003, Ince et al. 2007, Rodil et al. 2018). Adicionalmente, o sargaço ao ser incorporado no sedimento altera a sua estrutura, influenciando as trocas de oxigénio, alterando também as suas propriedades químicas (Orr et al. 2005, Rodil et al. 2018).

RISCOS DA ACUMULAÇÃO DE SARGAÇO NAS PRAIAS

No atual cenário de contaminação das massas de água, com excesso de nutrientes, das alterações climáticas e com o aparecimento de espécies exóticas com caráter invasor, o impacto da acumulação do sargaço nas praias de todo o mundo pode, futuramente, ser bastante negativo. O tipo e a quantidade de macroalgas que constituem o sargaço pode ser modificado pelas alterações climáticas, afetando não só a sua diversidade, mas também a sua abundância nestes locais. Para além disso, as alterações climáticas podem resultar no aumento da produção de sargaço e, na alteração das comunidades de macroalgas, por vezes favorecendo o estabelecimento e desenvolvimento de espécies invasoras. Desta forma, a acumulação em excesso deste resíduo pode condicionar as funções e os serviços dos ecossistemas do ambiente costeiro (Rodil et al. 2018). A construção de vários quebra-mares nas praias levou ao agravamento deste problema ao resultar numa maior acumulação de sargaço nestes locais (Macreadie et al. 2017). O aumento da produção de sargaço, leva a uma diminuição da qualidade de vida da fauna das praias, e, em último caso, pode mesmo levar à morte de organismos, como os bivalves, por asfixia (Villares et al. 2016). Também devido à capacidade das macroalgas acumularem bactérias fecais, o excesso de sargaço pode aumentar a incidência destas bactérias nas praias, representando um perigo para a saúde pública (Imamura et al. 2011). Adicionalmente, a alta taxa metabólica associada às zonas onde o sargaço é acumulado leva à libertação de gases com efeito de estufa, representando um perigo para o meio ambiente

(Macreadie et al. 2017). Por outro lado, a sua ocorrência em excesso também traz um impacto negativo no setor do turismo durante os meses mais quentes, uma vez que condiciona a utilização da praia, devido à sua grande taxa de ocupação do areal. Para além disto, após a sua decomposição são libertados gases como o sulfureto de hidrogénio, caracterizado por um odor bastante forte, incomodando quem está presente nesse local, podendo também surgir pragas de moscas da praia (Kirkman e Kendrick 1997). Devido a todos estes inconvenientes, as autoridades responsáveis pela gestão das praias procedem à remoção do sargaço, o que acarreta elevados custos, na sua grande maioria relacionados com a libertação deste resíduo em aterros sanitários ou em instalações municipais de lixo, não sendo efetuado qualquer tipo de tratamento (Macreadie et al. 2017).

APLICAÇÕES E PERSPETIVAS FUTURAS

Atualmente, na Primavera e Verão, existe uma grande produção de sargaço nas praias, de onde é removido, e posteriormente tratado como um resíduo, sem na maioria das vezes, lhe ser dado qualquer tipo de valorização. Sabendo dos riscos que isso acarreta não só para o ambiente, mas também para a economia, são necessárias alternativas, se possível sustentáveis, para o destino deste resíduo. Neste sentido, estudos recentes apontam para o potencial uso do sargaço para diversos fins (Villares et al. 2016, Macreadie et al. 2017, Innocenti et al. 2018). É sabido que a utilização de macroalgas como fertilizantes agrícolas tem inúmeros benefícios, uma vez que estas espécies providenciam nutrientes e metabolitos que não só promovem o crescimento vegetal, como também promovem a tolerância das plantas ao stresse (Sharma et al. 2014). Em Portugal, a prática da recolha de sargaço e a sua posterior utilização como fertilizante é uma atividade com mais de 2 000 anos, sendo efetuada sobretudo nas praias de Aver-o-mar e Apúlia. No entanto, com o desenvolvimento dos fertilizantes químicos de síntese, esta prática tem vindo a diminuir consideravelmente, sendo atualmente efetuada apenas por pessoas idosas (<https://asenhoradomonte.com>). Devido aos problemas económicos e ambientais que os fertilizantes sintéticos acarretam, tornou-se necessário o desenvolvimento de novos fertilizantes orgânicos originados a partir de produtos naturais. Um estudo efetuado em 2016, no qual se pretendia verificar o potencial fertilizante de algumas espécies que constituem o sargaço (Villares et al. 2016), demonstrou que estas apresentavam vários nutrientes essenciais, mostrando grande potencial fertilizante. Contudo, foi salientado que deverão ser feitos mais estudos no âmbito da utilização do sargaço como fertilizante, uma vez que este resíduo é também uma fonte de metais pesados. As macroalgas são também um bom candidato a *biochar*, um tipo de carvão vegetal que pode ser utilizado como ferramenta para aumentar a apreensão do carbono que é libertado em excesso e que é responsável pelo aumento da poluição atmosférica (Das et al. 2015). No que diz respeito a esta matéria, um estudo efetuado em 2017 revelou que a conversão do sargaço em *biochar* é uma solução alternativa não só devido ao aproveitamento de um recurso até então não utilizado, como um novo produto comercial, que pode servir para vários fins como fertilizante, remediação de solos, como adsorvente para tratamento de águas, aditivo de ração animal e como material isolante. Para além do seu potencial como fertilizante, o sargaço mostrou também ter um papel importante na redução da erosão costeira. Embora se considere que as microalgas juntamente com outros microrganismos são um bom agente estabilizador do solo, permitindo que este resista à erosão, não se conhece a potencialidade do

sargaço para este fim. Neste sentido, foi testada a capacidade das espécies de sargaço *Sargassum fluitans* e *Sargassum natans* para mitigar a erosão costeira (Innocenti et al. 2018). Os resultados obtidos foram bastante promissores, uma vez que se verificou que a aplicação de sargaço reduziu o impacto de alguns processos de erosão: a propagação das ondas provenientes das águas costeiras, a remoção dos sedimentos das dunas e a lavagem de sedimentos das praias. Desta forma, os autores mostraram evidências claras de que o sargaço pode ser um recurso a aproveitar por parte das entidades que efetuam a gestão das praias, sendo uma ferramenta natural contra a erosão das mesmas, alertando também para o impacto que tais medidas poderão ter no setor turístico.

O sargaço é um recurso fundamental para o ecossistema, uma vez que é fonte de alimento e habitat para a fauna ali existente, contudo, neste cenário de alterações climáticas, prevê-se que a quantidade de sargaço vá aumentar, principalmente nos meses de Verão. Desta forma, e prevenindo os riscos adjacentes a esta acumulação, são necessárias novas estratégias para valorizar este resíduo, evitando que este seja removido e colocado em aterros, sem qualquer tipo de tratamento. Os estudos feitos até à data mostram o potencial da utilização do sargaço em diversas áreas pelo que mais estudos deverão ser efetuados de modo a explorar as suas potenciais aplicações (Figura 2).



agradecimentos • Este trabalho foi desenvolvido dentro do projeto No. 029818, co-financiado por COMPETE 2020, Portugal 2020, pela UE através do ERDF e pela FCT através de fundos nacionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- McLachlan A, Brown AC (2010). The ecology of sandy shores. Elsevier, Academic Press, 392 pp.
- Cebrian J, Duarte CM (2001). Detrital stocks and dynamics of the seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile in the Spanish Mediterranean. *Aquatic botany*, 70(4), 295-309.
- Colombini I, Chelazzi L, Gibson R, Atkinson R (2003). Influence of marine allochthonous input on sandy beach communities. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 41, 115-159.
- Das O, Sarmah AK, Bhattacharyya D (2015). Structure–mechanics property relationship of waste derived biochars. *Science of the Total Environment*, 538, 611-620.
- Dugan JE, Hubbard DM, McCrary MD, Pierson MO (2003). The response of macrofauna communities and shorebirds to macrophyte wrack subsidies on exposed sandy beaches of southern California. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 58, 25-40.
- Fox SE, Stieve E, Valiela I, Hauxwell J, McClelland J (2008). Macrophyte abundance in Waquoit Bay: effects of land-derived nitrogen loads on seasonal and multi-year biomass patterns. *Estuaries and Coasts*, 31(3), 532-541.
- Gómez M, Barreiro F, López J, Lastra M, de la Huz R (2013). Deposition patterns of algal wrack species on estuarine beaches. *Aquatic Botany*, 105, 25-33.
- Heck KL, Carruthers TJ, Duarte CM, Hughes AR, Kendrick G, Orth RJ, Williams SW (2008). Trophic transfers from seagrass meadows subsidize diverse marine and terrestrial consumers. *Ecosystems*, 11(7), 1198-1210.
- Imamura GJ, Thompson RS, Boehm AB, Jay JA (2011). Wrack promotes the persistence of fecal indicator bacteria in marine sands and seawater. *FEMS Microbiology Ecology*, 77(1), 40-49.
- Ince R, Hyndes GA, Lavery PS, Vanderklift MA (2007). Marine macrophytes directly enhance abundances of sandy beach fauna through provision of food and habitat. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 74(1-2), 77-86.
- Innocenti RA, Feagin RA, Huff TP (2018). The role of *Sargassum* macroalgal wrack in reducing coastal erosion. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 214, 82-88.
- Kirkman H, Kendrick GA (1997). Ecological significance and commercial harvesting of drifting and beach-cast macroalgae and seagrasses in Australia: a review. *Journal of Applied Phycology*, 9(4), 311-326.
- Lastra M, López J, Neves G (2015). Algal decay, temperature and body size influencing trophic behaviour of wrack consumers in sandy beaches. *Marine Biology*, 162(1), 221-233.
- Lastra M, Rodil I, Sánchez-Mata A, García-Gallego M, Mora J (2014). Fate and processing of macroalgal wrack subsidies in beaches of Deception Island, Antarctic Peninsula. *Journal of Sea Research*, 88, 1-10.
- Macreadie, P. I., Trevathan-Tackett, S. M., Baldock, J. A., & Kelleway, J. J. (2017). Converting beach-cast seagrass wrack into biochar: A climate-friendly solution to a coastal problem. *Science of the Total Environment*, 574, 90-94.
- Mellbrand K, Lavery PS, Hyndes G, Hambäck PA (2011). Linking land and sea: different pathways for marine subsidies. *Ecosystems*, 14(5), 732-744.
- Olabarria C, Lastra M, Garrido J (2007). Succession of macrofauna on macroalgal wrack of an exposed sandy beach: effects of patch size and site. *Marine Environmental Research*, 63(1), 19-40.
- Orr M, Zimmer M, Jelinski DE, Mews M (2005). Wrack deposition on different beach types: spatial and temporal variation in the pattern of subsidy. *Ecology*, 86(6), 1496-1507.
- Piriz M, Eyra MC, Rostagno C (2003). Changes in biomass and botanical composition of beach-cast seaweeds in a disturbed coastal area from Argentine Patagonia. *Journal of Applied Phycology*, 15(1), 67-74.
- Polis G, Anderson W, Holt R, Anderson B, Polis A (1997). Toward an integration of ecology: the dynamics food webs subsidized spatially. *Annu Rev Ecol Evol Syst*, 28, 289-316.
- Polis GA, Hurd SD (1996). Linking marine and terrestrial food webs: allochthonous input from the ocean supports high secondary productivity on small islands and coastal land communities. *The American Naturalist*, 147(3), 396-423.
- Rodil IF, Lastra M, López J, Mucha AP, Fernandes JP, Fernandes SV, Olabarria C (2018). Sandy Beaches as Biogeochemical Hotspots: The Metabolic Role of Macroalgal Wrack on Low-productive Shores. *Ecosystems*, 1-15.
- Rossi F, Underwood A (2002). Small-scale disturbance and increased nutrients as influences on intertidal macrobenthic assemblages: experimental burial of wrack in different intertidal environments. *Marine Ecology Progress Series*, 241, 29-39.
- Ruiz-Delgado MC, Reyes-Martínez MJ, Sánchez-Moyano JE, López-Pérez J, García-García FJ (2015). Distribution patterns of supralittoral arthropods: wrack deposits as a source of food and refuge on exposed sandy beaches (SW Spain). *Hydrobiologia*, 742(1), 205-219.
- Schlacher TA, Schoeman DS, Dugan J, Lastra M, Jones A, Scapini F, McLachlan A (2008). Sandy beach ecosystems: key features, sampling issues, management challenges and climate change impacts. *Marine Ecology*, 29, 70-90.

Sharma HS, Fleming C, Selby C, Rao J, Martin T (2014). Plant biostimulants: a review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. *Journal of Applied Phycology*, 26(1), 465-490.

Sousa-Dias A, Melo RA (2008). Long-term abundance patterns of macroalgae in relation to environmental variables in the Tagus Estuary (Portugal). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 76(1), 21-28.

Spiller DA, Piovia-Scott J, Wright AN, Yang LH, Takimoto G, Schoener TW, Iwata T (2010). Marine subsidies have multiple effects on coastal food webs. *Ecology*, 91(5), 1424-1434.

Villares R, Fernández-Lema E, López-Mosquera ME (2016). Evaluation of beach wrack for use as an organic fertilizer: Temporal survey in different areas. *Thalassas: An International Journal of Marine Sciences*, 32(1), 19-36.