

# ALGAS

## O que são algas?

Todos sabemos o que se entende por algas. Facilmente associamos a “plantas” em sistemas aquáticos, sejam os limos nas rochas ou os organismos microscópicos que habitam os oceanos e os lagos. Em comum com as plantas as algas têm a capacidade de fazer fotossíntese, isto é, são capazes de converter a radiação solar em energia química, armazenada em moléculas orgânicas. Representam por isso a base da cadeia trófica de que dependem, em última análise, todos os outros recursos aquáticos. São os produtores primários, equivalentes aquáticos das plantas terrestres.

Do ponto de vista científico é muito mais difícil definir algas... quando em ciência “arrumamos” os seres vivos em grupos procuramos que estes reproduzam a história evolutiva dos organismos, idealmente, incluindo em cada grupo apenas aqueles que têm um antepassado comum. As plantas terrestres descendem todas de um mesmo antepassado. Ora, no caso das algas isso não acontece. Do ponto de vista evolutivo, os grupos que incluímos nessa designação são tão ou mais distantes quanto um animal de uma planta. É esta diversidade evolutiva que explica a imensa diversidade genética, celular, metabólica, morfológica e ecológica que encontramos no grupo a que vulgarmente chamamos algas. Nesta designação incluímos organismos microscópicos simples com dimensões próximas de 1/1000 mm e as algas castanhas com complexos sistemas de transporte e mais de 60 m de comprimento, rivalizando com as maiores árvores conhecidas. Incluímos organismos que colonizam ambientes tão diversos como as zonas costeiras entre-marés, as zonas profundas do oceano, a vizinhança de fontes termais (geisers) ou os gelos do ártico e antártico. Incluímos ainda os organismos microscópicos que ocorrem em consórcios de sucesso com outros seres vivos, originando organismos com novas propriedades ecológicas, como por exemplo os líquenes (associação com fungos) e os corais (associação com cnidários). Feita a ressalva, continuaremos a falar de algas.

## As algas e o ambiente

A nossa percepção do planeta terra é muito antropocêntrica. Embora 70% da superfície do globo seja coberta por água, é comum darmos mais importância aos ecossistemas terrestres como reguladores do equilíbrio do planeta (e.g. florestas tropicais) do que ao papel da vida nos oceanos. Nada mais errado!

Nos oceanos atuais, as algas numericamente mais abundantes são as cianobactérias também conhecidas por algas azuis. São os parentes mais próximos das formas de vida que há cerca de 3 mil milhões de anos iniciaram o enriquecimento em oxigénio da atmosfera terrestre tornando-a compatível com a evolução de formas de vida mais complexas como aquelas que atualmente conhecemos. Ainda hoje, os oceanos contribuem com cerca de 45% da produção primária global. Esta é devida sobretudo a algas microscópicas que vagueiam na massa de água e que no seu conjunto se designam por fitoplâncton. Além das cianobactérias, no fitoplâncton as algas que mais contribuem para o fluxo de maté-

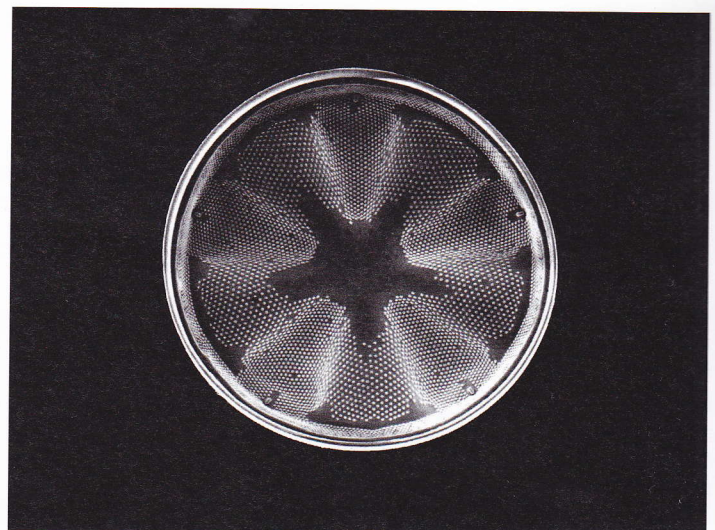
ria orgânica na cadeia trófica pertencem a três grupos maioritariamente unicelulares, os coccolitóforos, as diatomáceas e os dinoflagelados. Estes grupos têm a particularidade de apresentarem um revestimento celular que permite a sua preservação no registo fóssil, representando uma janela para o estudo da história passada da terra. Os coccolitóforos têm um revestimento composto por minúsculas placas de calcite, as diatomáceas têm um revestimento rico em sílica, semelhante a uma caixa de vidro e os dinoflagelados têm estruturas de resistência com paredes ricas em dinosporina, um composto orgânico resistente à decomposição. Esta característica refratária permitiu ainda que no passado os coccolitóforos e as diatomáceas originassem importantes jazidas minerais hoje exploradas pelo homem, respetivamente, as formações calcárias de giz e os diatomitos. Também muitas das jazidas de petróleo terão tido origem há muitos milhões de anos nas algas do fitoplâncton de então.

As preocupações ambientais mais prementes atualmente estão relacionadas com o impacto das atividades humanas à escala global: a libertação de dióxido de carbono decorrente da queima de combustíveis fósseis e as potenciais alterações climáticas associadas. Também aqui as algas têm um papel muito relevante ao fixarem, no processo fotossintético, o dióxido de carbono, contribuindo para a sua redução na atmosfera. Os coccolitóforos ainda têm um papel adicional, ao incorporarem o carbono nos seus exoesqueletos de calcite que, por morte das células, se vão depositando nas profundidades oceânicas, sequestrando o carbono por milhares a milhões de anos. Calcula-se que estas algas, embora microscópicas, representem 25% do transporte anual de carbono inorgânico para os fundos marinhos. As algas contribuem ainda para regulação do clima através da produção de compostos voláteis de enxofre que reduzem a quantidade de radiação que atinge a superfície terrestre e funcionam como núcleos de condensação de nuvens.

Estudar e quantificar o papel do fitoplâncton à escala global foi uma tarefa que só se tornou realizável na segunda metade do século XX. A propriedade comum a todas as algas e plantas é a presença de um pigmento verde, central no processo fotossintético, a clorofila. A constatação de que a cor do oceano podia variar de acordo com a maior ou menor concentração desse pigmento e que esse parâmetro estaria ligado com a concentração e atividade do fitoplâncton levou a que se desenvolvessem sensores de cor transportados por satélites, com capacidade de registar a cor do oceano em escalas espaciais e temporais nunca antes alcançadas. A tecnologia continua a evoluir e novos sensores são lançados para o espaço permitindo estimar com maior precisão a clorofila e identificar outros pigmentos característicos dos diferentes grupos do fitoplâncton abrindo novos horizontes na compreensão do papel das algas para o equilíbrio do planeta.

## A outra face das algas

A sucessão das comunidades de algas no mar e nos lagos está ligada à sucessão das estações do ano. Com efeito, as comunidades respondem à variação dos fatores ambientais de que dependem para o seu crescimento e desenvolvimento: a luz, a temperatura e os nutrientes. O enriquecimento em nutrientes dos ecossistemas aquáticos leva ao aumento da produção primária. Esses processos de enriquecimento podem ser naturais, associados por exemplo a processos físicos de mistura em lagos e zonas costeiras, mas quando induzidos pelo homem (eutrofização cultural) podem levar ao desequilíbrio dos ecossistemas. Em resposta ao aumento da disponibilidade em nutrientes, as comunidades de pro-



dutores primários desenvolvem-se de um modo desequilibrado, em quantidade e qualidade, contribuindo para a deterioração dos ecossistemas e afetando os restantes elos da cadeia trófica. Um exemplo de perturbação grave de sistemas de água doce, resultante do enriquecimento em nutrientes, é a proliferação, em concentrações muito elevadas (florescimento), de espécies de cianobactérias tóxicas. São fenómenos esporádicos, mas recorrentes, responsáveis por mortalidades em animais selvagens e domésticos e também por intoxicações humanas. A redução da carga em nutrientes tem permitido recuperar muitos sistemas mas continua a ser um importante problema de saúde pública em muitos países, incluindo Portugal. A qualidade da água é simultaneamente um problema científico e de cidadania contemplado nos objetivos de desenvolvimento do milénio da ONU. A procura de índices para a monitorização e recuperação do bom estado ecológico dos sistemas aquáticos, levou à implementação de programas como a Diretiva Quadro da Água ou a Diretiva Quadro Estratégia Marinha. Nestes programas, utilizam-se entre outros indicadores, relações parametrizáveis entre a qualidade da água e o acréscimo de biomassa e a composição das comunidades de algas.

Nos ecossistemas marinhos também ocorrem florescimentos de algas nocivas, mas neste caso não é clara a ligação com a eutrofização cultural e as espécies envolvidas são sobretudo dinoflagelados. Na costa portuguesa estes episódios são recorrentes, com um grave impacto socioeconómico na atividade da pesca de bivalves, para salvaguarda da saúde pública, e mais recentemente no turismo. Reconhecem-se vários tipos de florescimentos consoante o impacto que têm no ecossistema, nos recursos económicos e em saúde pública:

- (i) Florescimentos de elevada biomassa, potencialmente inócuos, que levam a alteração na cor do mar e que em casos extremos, na fase de decomposição, podem conduzir a situações de falta de oxigénio provocando a morte indiscriminada da fauna marinha.
- (ii) Ocorrência de espécies produtoras de compostos tóxicos para o homem e vertebrados marinhos. Os mecanismos de contacto com as toxinas são diversos. As toxinas podem ser transferidas e acumuladas na cadeia alimentar e mesmo baixas concentrações da espécie nociva podem provocar no homem graves patologias gastrointestinais e neurológicas, por consumo de bivalves ou peixes contaminados. As toxinas podem ser transferidas para a água provocando no homem várias patologias de contacto e respiratórias, mediadas por aerossóis.
- (iii) Ocorrência de espécies tóxicas para peixes ou espécies que não sendo tóxicas levam a mortalidade de peixes por provocarem lesões nas guelras.

**Nas próximas décadas espera-se que no mar de Portugal haja um aumento significativo em aquacultura de peixe e bivalves.** Este cenário vai ao encontro de uma tendência mundial de redução de capturas selvagens por estar em risco a rutura de stocks. Os florescimentos de algas nocivas podem vir a representar um constrangimento importante ao sucesso da aquacultura. O estudo e conhecimento da ecologia das espécies de microalgas envolvidas, o desenvolvimento de modelos de predição e de programas de monitorização serão ferramentas indispensáveis na gestão e mitigação do problema contribuindo para uma exploração económica e ambientalmente sustentável dos recursos de aquacultura.

#### As algas na bioeconomia e bioenergia

Segundo os últimos valores divulgados pela FAO, em 2011 foram produzidas em aquacultura c. 21 milhões de toneladas (peso húmido) de macroalgas marinhas, mais de 99% provenientes de países asiáticos, representando um valor superior a € 4 mil milhões. Na última década, esta produção cresceu em média 8% ao ano e configura, atualmente, a quase totalidade da fileira mundial de algas. A maior parte destina-se à alimentação humana: (i) quer diretamente, principalmente no sudeste asiático e arco do Pacífico, onde o consumo médio por pessoa representa 1-4,5 kg/ano; (ii) quer na forma de ficolóides, uma subcategoria das gomas alimentares/ hidrocolóides, com aplicações muito variadas. O mercado global dos ficolóides, avaliado em c. 86 mil toneladas/ano, vale mais de € 750 milhões. Uma pequena parte, c. 10%, tem aplicações diversas no sector da biomedicina/farmacologia, com valores de retalho significativamente mais elevados.

Algumas microalgas são também exploradas comercialmente à escala global, um mercado avaliado atualmente em c. € 6 mil milhões, equivalente a c. 7250 toneladas (peso seco)/ano. As principais aplicações têm sido na alimentação humana (health foods), rações animais, incluindo aquacultura, cosmética e pigmentos alimentares ( $\beta$ -caroteno e astaxantina). Mais recentemente ganharam relevo no mercado dos óleos alimentares polinsaturados, principalmente DHA para fórmulas lácteas infantis, com valores de retalho muito elevados, c. € 50/g de óleo. Para além destes mercados, baseados até agora em produtos de (muito) alto valor acrescentado, é comum referir o potencial destes organismos para a produção em larga escala de biocombustíveis, já que possuem: (i) uma eficiência de conversão energética elevada [3,3-20 g (peso seco)/m<sup>2</sup>/dia], superando a de plantas muito produtivas; e (ii) a capacidade de crescer em água salobra a salgada evitando os conflitos com as produções agrícola e florestal tradicionais (alimentação versus combustível). Na verdade, este último fator poderá influenciar positivamente a proliferação de sistemas mistos microalgas/bactérias, para o tratamento de efluentes urbanos e outros. Apesar de, em teoria, o retorno energético em investimento [E-ROI] potencial destes sistemas ser suficientemente elevado, é ainda muito difícil de atingir. As maiores parcelas do custo energético são a energia para bombeamento entre tanques e a energia para aquisição da água salgada (em profundidade). Um possível leque de soluções, recentemente postas à discussão na comunidade científica, passa pela combinação de vários processos produtivos, por exemplo produtos de alto valor acrescentado, em simultâneo, ou em sequência, com outros de menor valor, como depuração de efluentes e produção de biocombustíveis (ou bioenergia).

#### Notas finais

Na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FCUL), o ensino e a investigação sobre as algas iniciaram-se em 1984, e desde então várias linhas de trabalho têm sido desenvolvidas, cobrindo muitos dos aspetos da investigação sumarizados neste documento. O grupo de docentes e investigadores, com ligação ao Departamento de Biologia Vegetal e ao Centro de Oceanografia, tem liderado e participado em projetos de I&D nacionais e internacionais, orientado teses de mestrado e de doutoramento, realizado estudos aplicados para empresas e instituições portuguesas, e divulgado a sua atividade em revistas da especialidade [ver foto de grupo]. Neste texto participaram Ana Amorim, Vanda Brotas e Ricardo Melo.

*As algas negro-cerrado,  
que eu trouxe da beira-mar,  
guardo-as num missal dourado,  
onde costumo cismar.*

*Às vezes, triste e cansado  
quando o vou a folhear,  
dentro do livro encantado  
eu oiço as algas chorar...*

*Choram os tempos de quando  
viviam no mar em bando  
com os peixes e as areias.*

*É eu cismo, ao ver esses trapos,  
que as algas são os farrapos  
dos vestidos das sereias.*

António Nobre  
"As Algas", in Poesia Completa de António Nobre

