



MICRORGANISMOS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

16 de setembro de 2022

Salão Nobre da Academia das Ciências

MICRORGANISMOS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

9h30 | ABERTURA

JOSÉ LUÍS CARDOSO, Presidente da ACL

MARIA SALOMÉ PAIS, Presidente do IAE da ACL

MADALENA ALVES, Presidente da FCT

10H30-12H00	MICROBIOLOGIA E AS ASSOCIAÇÕES E INFRAESTRUTURAS CIENTÍFICAS MESA: ISABEL SÁ-CORREIA, ACL E IBB/14HB, IST-ULISBOA O DIA INTERNACIONAL DO MICRORGANISMO: DE PORTUGAL PARA O MUNDO ISABEL SÁ-CORREIA, ACL E IBB/14HB, IST-ULISBOA A SOCIEDADE PORTUGUESA DE MICROBIOLOGIA: AO SERVIÇO DOS MICROBIÓLOGOS E DA SOCIEDADE JORGE PEDROSA, PRESIDENTE DA SPM, ICVS/ICVS/3B'S, UMINHO O PAPEL DOS RECURSOS MICROBIANOS NUMA INFRAESTRUTURA DE INVESTIGAÇÃO: A MIRRI NELSON LIMA, COORDENADOR, NÓ NACIONAL DA MIRRI, MICOTECA DA UMINHO DEBATE INTERVALO (15 MIN.)
12H00-13H00	MICROBIOMA, SUSTENTABILIDADE E BIOECONOMIA DO MAR SUSTENTABILIDADE E POTENCIALIDADES ECONÓMICAS DO MAR TIAGO PITTA E CUNHA, PRESIDENTE DO CA DA FUNDAÇÃO OCEANO AZUL O MICROBIOMA MARINHO PARA UM OCEANO SAUDÁVEL E UMA BIOECONOMIA AZUL SUSTENTÁVEL RODRIGO COSTA, IBB/14HB, IST-ULISBOA DEBATE
13H00-14H30	PAUSA PARA ALMOÇO
14H30-15H30	BIOTECNOLOGIA MICROBIANA: PILAR DA BIOECONOMIA SUSTENTÁVEL MESA: ISABEL SÁ-CORREIA, ACL E IBB/14HB, IST-ULISBOA MICRORGANISMOS E BIOECONOMIA SUSTENTÁVEL BRUNO SOMMER FERREIRA, PRESIDENTE DO CA DA BIOTREND - INOVAÇÃO E ENGENHARIA EM BIOTECNOLOGIA, S.A. MICRORGANISMOS E PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL DE BIOCOMBUSTÍVEIS FRANCISCO GÍRIO, LNEG E PRESIDENTE DO CA DO COLAB BIOREF DEBATE
15H30-16H30	ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS, MICRORGANISMOS E SAÚDE REGRESSO DA MALÁRIA A PORTUGAL: MITO OU AMEAÇA REAL? MIGUEL PRUDÊNCIO, ACL E IMM, FM-ULISBOA DOENÇAS DO CÉREBRO: ESTARÁ O MICROBIOMA ENVOLVIDO? ALBINO OLIVEIRA-MAIA, PSIQUIATRA E NEUROCIENTISTA, DIRETOR DA UNIDADE DE NEUROPSIQUIATRIA, CHAMPALIMAUD RESEARCH E CENTRO CLÍNICO CHAMPALIMAUD DEBATE
17H00-18H00	LANÇAMENTO DO LIVRO DIGITAL "COMUNICAÇÃO DE CIÊNCIA EM MICROBIOLOGIA" MAIS UM DESAFIO LANÇADO PELA SPMPARA A PROMOÇÃO DA COMUNICAÇÃO E DIVULGAÇÃO DE CONHECIMENTO NA ÁREA DA MICROBIOLOGIA, AGORA COMPILADO EM LIVRO DIGITAL EM QUE AS MENSAGENS SÃO TRANSMITIDAS ATRAVÉS DE IMAGENS, SUPORTADAS POR RESUMO EXPLICATIVO. MESA: MARIA SALOMÉ PAIS, PRESIDENTE DO IAE DA ACL JORGE PEDROSA, PRESIDENTE DA SPM O LIVRO DIGITAL: COMUNICAÇÃO DE CIÊNCIA EM MICROBIOLOGIA CÉLIA MANAIA, VICE-PRESIDENTE DA SPM, ESCOLA SUPERIOR DE BIOTECNOLOGIA, UCP

Índice

O dia Internacional do Microrganismo: de Portugal para o mundo Isabel Sá-Correira , ACL	4
A Sociedade Portuguesa de Microbiologia: ao serviço dos microbiólogos e da sociedade Jorge Pedrosa , UMinho	8
O Papel dos Recursos Microbianos numa Infraestrutura de Investigação: a MIRRI Nelson Lima , UMinho	13
Sustentabilidade e potencialidades económicas do Mar Tiago Pitta e Cunha , Presidente do CA da Fundação Oceano Azul	
O microbioma marinho para um oceano saudável e uma bioeconomia azul sustentável Rodrigo Costa , IST-ULisboa	18
Microrganismos e Bioeconomia Sustentável Bruno Sommer Ferreira , BioTrend	24
Microrganismos e produção sustentável de biocombustíveis Francisco Gírio , CoLab BIOREF-	28
Regresso da malária a Portugal: mito ou ameaça real? Miguel Prudêncio , ACL	32
Eixos abdómen-cérebro e recompensa alimentar pós-ingestiva na saúde e na doença Albino Oliveira-Maia , Champalimaud	34
O Livro Digital: Comunicação de Ciência em Microbiologia Célia Manaia , UCP	37



Isabel Sá-Correia

Academia das Ciências de Lisboa,
iBB, Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa
Sociedade Portuguesa de Microbiologia, Cons. Consultivo e Ex
Presidente(2009-2020)

O dia Internacional do Microrganismo: de Portugal para o mundo

O Dia Internacional do Microrganismo nasceu em Portugal. Resultou de uma iniciativa lançada, em 2017, por um grupo de microbiólogos e associações nacionais relacionadas com as ciências da vida e divulgação de ciência [1]. Desde a primeira hora, a Sociedade Portuguesa de Microbiologia (SPM) [S1] acarinhou esta atividade de divulgação da Microbiologia. A internacionalização do Dia foi promovida pela SPM, com o apoio de prestigiadas sociedades científicas internacionais com destaque para a FEMS (Federação Europeia das Sociedades de Microbiologia) [1]. Desde o seu ano inaugural que as celebrações do Dia Internacional do Microrganismo têm decorrido, de forma descentralizada pelo mundo. A sua identidade e coesão são-lhe conferidas pelo seu logótipo, as mascotes, e ilustrações várias, como exemplificado. Foram criadas e produzidas em Portugal e tornaram-se a imagem de marca, do International Microorganism Day, a par do seu sítio da internet [S2]. Um generoso apoio da FEMS (Federation of the European Microbiology Societies, a Federação das Sociedades de Microbiologia Europeias) veio permitir alargar e aumentar o impacto das comemorações do Dia Internacional do Microrganismo (DIM)/International Microorganism Day (IMD).



O dia escolhido para divulgar e comemorar a Microbiologia e evidenciar o papel que uma multidão invisível de seres vivos, muito diversos, desempenha nas ciências da vida, no nosso dia a dia, e num vasto leque de atividades profissionais e oportunidades de carreira, foi o dia 17 de setembro. Celebra o dia de 1683 em que o comerciante holandês Anton van Leeuwenhoek, sem fortuna ou graus académicos, enviou, à Real Sociedade de Londres, uma carta em que descrevia, primorosamente, a primeira observação de bactérias, presentes na placa dentária. Tal foi possível por ter aperfeiçoado um sistema de lentes óticas que viabilizou ampliações extraordinárias para a época. Este improvável cientista, revelou assim a vida microscópica, lançando as bases da Microbiologia.

Todos os esforços colocados na Comunicação e Divulgação de Ciência, em particular da Microbiologia, são de um valor inestimável! [1], [2]. Que bom seria se todos pudessem compreender a forma como os microrganismos afetam a nossa saúde, qualidade de vida, ambiente e desenvolvimento económico sustentável, enquanto fábricas celulares eficientes e versáteis em Biotecnologia. A consciencialização da sociedade em geral, e dos mais jovens em particular, para o papel que os microrganismos desempenham na nossa vida acabará por facilitar tomadas de decisão mais informadas e adequadas por parte de cidadãos e governantes. Refere-se, por exemplo, a apropriada utilização de antibióticos e outros agentes antimicrobianos, a vacinação, o seu papel na conservação e segurança de alimentos, na agricultura, no desenvolvimento sustentável com base na exploração dos recursos microbiológicos na produção de biocombustíveis, biomateriais, fármacos e outros bioprodutos de valor. Um maior conhecimento em microbiologia poderá ainda estimular o interesse e o apreço da sociedade pela ciência em geral, aumentar o número de investigadores e outros profissionais atraídos pela microbiologia, e orientar a tomada de decisões políticas e individuais mais adequadas. Por isso, a comunidade associada à microbiologia interiorizou bem a necessidade de os microrganismos terem o seu dia internacional, um dia em que sobre eles possam recair as atenções da sociedade em todos o mundo. Ao longo da palestra, procurarei dar uma ideia do historial e conquistas do DIM/IMD.

O balão de ensaio do DIM/IMD decorreu em 2017, essencialmente no Pavilhão do Conhecimento, em Lisboa, tendo reunido numerosos membros da comunidade científica e académica de todo o País, incluindo jovens investigadores e algumas empresas com atividade relacionada com a Microbiologia. Em 2018, as comemorações foram estendidas à Europa fruto de uma campanha de contactos que levei a cabo, enquanto Presidente da SPM e delegada nacional do Conselho da FEMS. A edição de 2019 estendeu-se à América do Sul e contou com uma forte presença nas redes sociais e divulgação num novo e melhorado website do IMD. Foram organizadas diversas atividades por muitos milhares de professores, investigadores, estudantes e outros profissionais da Microbiologia, as quais combinaram laboratórios abertos, exposições em que os visitantes de todas as idades, nomeadamente crianças, puderam ver fazer ou fazer as suas próprias experiências e degustar produtos de origem microbiana, ações de formação de professores, debates e palestras sobre tópicos de impacto social e temas quentes da microbiologia moderna. Registos das comemorações havidas em Portugal em Instituições de ensino superior e centros de investigação, centros ciência viva, escolas de ensino primário, médio e secundário estão disponíveis no blog, em português, do website bilingue do IMD [S3]. Este é gerido pela equipa do IMD [S4] em que

participam portugueses e que também trata da divulgação do IMD, no Twitter, Facebook e Instagram, e no canal da plataforma Youtube, com a identidade unificada @intmicroday [S5-S7].

Nas edições de 2020 [S8] e 2021 [S9], durante a pandemia em que as animadas e interativas atividades presenciais deixaram de ser possíveis, a SPM colaborou com a FEMS na organização de uma transmissão contínua ao vivo, através da internet, durante as 24 horas do dia, disponíveis no Youtube [S8] [S9]. O programa destas maratonas de microbiologia foi preenchido com palestras, debates e vídeos sobre temas atuais e importantes de microbiologia em que participaram convidados de todo o mundo, tendo a participação de portugueses sido muito significativa na primeira edição. Milhares de espetadores espalhados pelo mundo estiveram online, mostrando o alcance do IMD. Alguns detalhes sobre as atividades do DIM/IMD podem ser encontrados em [1] e [S2].

Em Portugal, as comemorações de 2022 têm início no dia 16 de setembro com este colóquio na Academia das Ciências de Lisboa (ACL) [S10]. Em antecipação do DIM/IMD e com vista à sua promoção, foi organizado pela ACL, em colaboração com a SPM, o presente colóquio subordinado ao tema “Microrganismos e Desenvolvimento Sustentável”. O programa consiste em comunicações e debates em língua portuguesa. Estão planeados também contactos, via Zoom, com colegas e locais, em Portugal e no estrangeiro, onde será comemorado o IMD. No final do dia haverá, na ACL, o lançamento do livro digital “Comunicação de Ciência em Microbiologia”, uma iniciativa da SPM.

O programa internacional planeado para as comemorações do dia 17 de setembro de 2022 encontra-se a ser publicitado no website do IMD [S2]. Foram já inseridos programas a cumprir na Europa (Delft-Holanda, Portugal, Itália, Bruxelas-Bélgica, Alemanha, Reino Unido, Suécia), na América do Sul (Brasil, Paraguai, México), em África (Nigéria), na Ásia (Japão, Bangladesh, Índia). Em Portugal, as atividades, distribuídas pelo País, estão também a ser publicitadas e atualizadas em permanência pela SPM no seu website [S1]. Num ano em que as atividades presenciais já são permitidas, juntemo-nos a todos os que, pelo mundo, celebrarão o Dia Internacional do Microrganismo! Nas redes sociais, a informação sobre o IMD é partilhada marcando o IMD (@IntMicroDay) e usando a hashtag #InternationalMicroorganismDay.

Referências Bibliográficas:

- [1] Sá-Correia, I., Microbiologia para Todos: A Importância da Literacia em Microbiologia, Em: MEMÓRIAS DA ACADEMIA DAS CIÊNCIAS DE LISBOA, MEMÓRIAS DA ACADEMIA DAS CIÊNCIAS DE LISBOA, XLVIII, 2022, pp 143- 155.
- [2] Sá-Correia, I., Por que razão os microrganismos têm o seu dia internacional? Jornal i online, 14 de setembro de 2021 https://ionline.sapo.pt/artigo/746282/por-que-razao-os-microrganismos-t-m-o-seu-dia-internacional-?seccao=Opinioao_i

SÍTIOS ELETRÓNICOS (WEBSITES) E LIGAÇÕES A REDES SOCIAIS

- [S1] www.spmicrobiologia.pt
- [S2] <https://www.internationalmicroorganismday.org/>
- [S3] <https://www.internationalmicroorganismday.org/portuguese-blog>
- [S4] <https://www.internationalmicroorganismday.org/blog/here-are-some-of-the-people-behind-imd> [S5] <https://twitter.com/intmicroday>
- [S6] <https://facebook.com/intmicroday> [S7] <https://instagram.com/intmicroday>
- [S8] <https://www.youtube.com/playlist?list=PLaBp7JEYEInzScAQd5U7WDYG4XykuD2Ba> [S9] https://www.youtube.com/channel/UCaBLEoxM1V82rS2geNXA_fa
- [S10] <http://www.acad-ciencias.pt/noticias/detalhe/162>



Jorge Pedrosa

Presidente | Sociedade Portuguesa de Microbiologia Escola de Medicina / ICVS / Universidade do Minho

A sociedade Portuguesa de Microbiologia ao Serviço dos Microbiólogos e da Sociedade

A Sociedade Portuguesa de Microbiologia (SPM) representa uma comunidade científica aberta, dinâmica e altamente internacionalizada, que promove em Portugal a investigação científica, a inovação, o ensino/divulgação e a atividade profissional relacionada com os microrganismos.

Ao longo da sua existência, esta Sociedade científica tem vindo a fortalecer interações em Portugal, não apenas entre os seus sócios, e entre eles e diversos parceiros institucionais, mas também com o público em geral, para além de expandir a sua participação nas grandes redes da microbiologia internacional.

Neste enquadramento, são abaixo identificadas as principais atividades da SPM, com ênfase para as atividades de divulgação e de promoção da literacia científica em microbiologia – queremos, de facto, construir uma Sociedade Científica cada vez mais aberta e mais participada!

Dia Internacional do Microrganismo (I μ M)

O Dia Internacional do Microrganismo (I μ M), que é o mote para esta nossa presença neste evento promovido pela Academia de Ciências de Lisboa, foi lançado em Portugal pela anterior Direção da SPM, encabeçada com enorme entusiasmo pela Prof. Isabel Sá Correia, sendo uma iniciativa que tem tido enorme sucesso, e que tem contado ao longo dos últimos 6 anos com numerosas parcerias nacionais, que, para além de envolverem a academia e os centros de investigação, sob o patrocínio da Comissão Nacional da UNESCO, contaram com a colaboração de diversas instituições, tais como a Agência Ciência Viva, a Ordem dos Biólogos, a Sociedade Portuguesa de Ecologia e, agora, a Academia de Ciências de Lisboa.

Como é também justamente reconhecido, esta iniciativa original da SPM, projetou-se de forma notável ao nível internacional. De facto, cumprindo um dos principais objectivos da SPM ao organizar o I μ M, atividades têm vindo a ser alargadas a diversos países europeus, com o envolvimento de Sociedades Internacionais de Microbiologia e de outras entidades, sob o chapéu integrador da FEMS, além de outras parcerias intercontinentais, designadamente com países da América Latina.

Com a internacionalização do I μ M, na sequência das actividades pioneiras da Prof. Isabel Sá-Correia e dos seus colaboradores, a FEMS assumiu um papel na centralidade ao nível internacional, continuando a SPM a participar internacionalmente, para além de fazer a promoção do I μ M em Portugal, apoiando e divulgando as iniciativas que por todo o país sinalizam este dia, em diversas instituições de ensino superior, centros de investigação e instituições ligadas à promoção e divulgação da ciência.

Site da SPM & SPM Magazine

No âmbito da estratégia de abertura da SPM a um público tão vasto quanto possível, promovendo e divulgando as atividades relacionadas com os microrganismos e as suas utilizações, a Sociedade disponibiliza um site bilingue (português/inglês) de acesso aberto (www.spmicrobiologia.pt), que conta com um número crescente de seguidores em todo o mundo. No site, têm vindo a publicar-se artigos de divulgação, entrevistas com microbiólogos Portugueses e divulgação de eventos científicos e notícias científicas.

Historicamente, este site hospedou o SPM Magazine, com o objetivo de veicular iniciativas de divulgação da SPM, e que tencionamos revigorar através do envolvimento de jovens microbiólogo(s), com a responsabilidade de efetuar entrevistas, divulgar temas de investigação nacional e fazer a ponte com os meios de comunicação social – voluntários serão muito bem-vindos! Neste âmbito poderão ser promovidos conteúdos como entrevistas a microbiólogos nacionais/a trabalhar em Portugal e breves artigos de divulgação de microbiologia, para o público em geral.

Boletins SPM

Por outro lado, a SPM tem sabido responder a desafios emergentes que envolvem a microbiologia e os microbiólogos, contribuindo, nomeadamente, para uma rápida divulgação da informação científica mais recente, como aconteceu relativamente às publicações sobre SARS Cov-2, no âmbito da emergência de saúde pública colocada pela pandemia da COVID-19.

É importante salientar que estaremos atentos a outros desafios emergentes da microbiologia que possam vir a beneficiar do lançamento de novos instrumentos de comunicação rápida desta natureza, promovendo a participação dos sócios e do público em geral na identificação das temáticas e na organização dos respetivos Boletins.

Concurso Nacional de Comunicação em Microbiologia e Interação com a Comunidade Escolar

Desde Setembro de 2019, na sequência da criação do I μ M, a SPM decidiu também lançar um concurso aberto que concilia a comunicação escrita com imagem, de forma a expressar um conceito ou aplicação. Esta iniciativa é mais uma forma de incentivar o gosto pela comunicação na área da Microbiologia, bem como de dar a conhecer a um público tão alargado quanto possível os microrganismos, as suas aplicações e as implicações da sua atividade, objetivos que são nucleares para a SPM.

Nesta iniciativa de sucesso, é organizado um concurso, a que se pode concorrer individualmente ou em grupo, nas categorias designadas “GERAL” ou “JÚNIOR”, conforme o público-alvo dos trabalhos (resumo de 300 palavras e imagem). Os trabalhos são posteriormente avaliados por um júri composto por microbiólogos e por especialistas em comunicação, sendo os que se destacam premiados e publicados no sítio de internet da SPM, contribuindo para a preparação de e-books de divulgação e formação, aspeto que será objeto de uma comunicação específica nesta sessão de hoje na Academia de Ciências de Lisboa.

Temos também a aspiração de vir a aprofundar ainda mais as atividades de interação com as camadas mais jovens da população, no que respeita aos microrganismos e aos seus impactos para a sociedade, nomeadamente lançando formatos inovadores de atividades junto estudantes de escolas, a partir do primeiro ciclo – uma vez mais, aproveitamos esta oportunidade para dizer que estamos abertos à colaboração de voluntários que a nós se queiram juntar.

Eventos científicos

Para o avanço da ciência e da tecnologia na área da microbiologia, que é um processo em progresso constante, é fundamental a partilha das novas descobertas, que têm como veículo, não apenas as publicações científicas, mas também a promoção de encontros/congressos científicos. Neste sentido, para além de dar apoio à divulgação ou participação de jovens investigadores portugueses em eventos organizados por entidades congéneres ao nível internacional, incluindo cartas de apoio a pedidos de financiamento a entidades internacionais, a SPM tem vindo a promover em Portugal a organização de eventos científicos de grande impacto, tal como o MICROBIOTEC.

Este evento de grande sucesso – MICROBIOTEC – é coorganizado, bianualmente, entre a SPM e a SPBT (Sociedade Portuguesa de Biotecnologia), e tem registado elevado nível de participação, com cerca de 500 participantes (em 2019 organizado em Coimbra <https://microbiotec19.net/en/>; e, em 2021, online, pela Universidade Nova de Lisboa <https://microbiotec21.organideia.pt/>), promovendo a apresentação/discussão de trabalho científico de elevada qualidade científica em microbiologia e biotecnologia, e representando, adicionalmente, uma importante contribuição para fomentar pontes entre diferentes áreas científicas/tecnológicas.

Esta estratégia de articulação com sociedades científicas congêneres da SPM, está agora a ser aprofundada, nomeadamente através da organização de um novo tipo de reunião, denominado MICROBIOLOGY 202(X) (<https://microbiologia2022.com/>), um simpósio online bianual que decorrerá inteiramente por participação remota (online), nos anos alternados com o MICROBIOTEC. Em cada edição são abordadas as grandes áreas da microbiologia, tendo em atenção as temáticas emergentes, com um foco na participação dos sócios mais jovens, nomeadamente estudantes de pós-graduação. De acordo com a estratégia referida no ponto acima, assinala-se desde já a interação com a Sociedade Brasileira de Microbiologia, na primeira edição a ter lugar de 17 a 19 de outubro deste ano.

Neste capítulo, é também relevante referir que a SPM promove a organização de mais um novo tipo de reunião, o MICROSUMMITpt, também nos anos alternados com o MICROBIOTEC, envolvendo entidades do mundo produtivo com ligação à microbiologia, tais como start-ups, laboratórios de análises, indústrias de base bio, etc – com o objetivo de aproximar a academia e o setor empresarial, criando oportunidades para transferência de conhecimento, co-criação, ou promoção de emprego para microbiólogos. Especialistas, com reconhecida atividade na ligação academia empresa, partilharão as suas visões e experiência enquanto os empreendedores serão desafiados a apresentar suas ideias inovadoras. A primeira edição ocorrerá já no dia 25 de novembro na Universidade Católica do Porto.

Interações com organizações internacionais

Para finalizar, e conforme referido no início deste resumo, é importante reforçar que os avanços na ciência e tecnologia não se atingem de forma isolada, mas sim em redes de investigação e de divulgação que são de âmbito global.

No âmbito internacional, o reconhecimento da SPM é expresso pelo facto de ser um membro ativo da FEMS (Federação das Sociedades Europeias de Microbiologia), da IUMS (União Internacional de Sociedades Microbiológicas), da ALAM (Associação Latino-Americana de Microbiologia) e da ESCMID (Sociedade Europeia de Microbiologia Clínica e Doenças Infeciosas).

Neste âmbito, tem particular relevância a interação com a FEMS, que tem vindo a consolidar-se nos últimos anos, incluindo no apoio à organização de reuniões científicas propostas pelos sócios, nomeadamente no âmbito das oportunidades de apoio financeiro da FEMS, assim como nas actividades conjuntas no âmbito do I μ M, com o objectivo de tornar, cada vez mais, este Dia (17 de setembro) numa celebração em todos os continentes.

Finalmente, a SPM tem desenvolvido actividades conjuntas com a ALAM, a ESCMID e com a IUMS, tendo como objetivo promover áreas de interesse comum.

Considerações finais

A SPM representa uma comunidade vibrante, que congrega um conjunto de sócios que detém um leque alargado de competências nas diversas áreas da microbiologia, com trabalho de impacto ao nível internacional. Uma das formas de colocar essas competências ao serviço da nossa sociedade, para além de contribuir para os avanços no conhecimento, através da investigação científica e tecnológica e da partilha e divulgação dos avanços científicos, é contribuir para actividades de formação avançada e para a promoção de literacia científica,

quer da população em geral, quer de públicos específicos, sobretudo nos âmbitos nacional e lusófono.

Nesse âmbito, a SPM está aberta a novas oportunidades, no sentido de promover ou colaborar com entidades que desenvolvam atividades de literacia em temas emergentes da microbiologia, assim como em temas transversais com relevância para os microbiólogos. É, por isso, um privilégio participar nesta iniciativa da Academia de Ciências de Lisboa.



Nelson Lima

Coordenador do Nó Nacional da MIRRI, Micoteca da Universidade do Minho (MUM)

O Papel dos Recursos Microbianos numa Infraestrutura de Investigação: A MIRRI

Na sequência da invenção do microscópio por Anton van Leeuwenhoek (1632–1723) e o envio à Sociedade Real de Londres (a 17 de setembro de 1683) de uma carta com a primeira descrição de um organismo unicelular e, mais tarde, com os contributos de Luis Pasteur (1822–1895) com a teoria da biogénese (que se opunha à teoria preponderante na época da geração espontânea) e a teoria microbiana da fermentação, a microbiologia inicia a sua expansão e consolida-se com nova disciplina científica. Subsequentemente, surgem as técnicas de isolamento e de cultura pura de microrganismos descritas pelo cirurgião britânico Joseph Lister em 1878 e pelo médico alemão Robert Koch em 1881.

Por volta de 1890, no Instituto de Higiene da Universidade Alemã, em Praga, Frantisek Král tira proveito destes novos avanços e inicia uma coleção bacteriana para fins pedagógicos e museológicos. Ao organizar e preservar esta coleção, constrói um catálogo (atingindo cerca de 800 microrganismos oriundos de depósitos de, por exemplo, do próprio R. Koch com a bactéria da tuberculose *Mycobacterium tuberculosis*) que permite a permuta intensa de microrganismos com outros investigadores e instituições congéneres estabelecendo os fundamentos daquilo a que poderemos chamar a primeira coleção de culturas microbianas pública e de serviços (Soyka e Král, 1888; Král, 1889; Kocur, 1990).

Concomitantemente, outras coleções microbianas começaram também a isolar, preservar e permutar estirpes microbianas, como são exemplos: no Japão, por volta de 1880, a Estação Experimental de Cerveja (atual Instituto Nacional de Investigação Cervejeira); na Bélgica, em 1894, na Escola Superior Cervejeira foi fundada a MUCL/Micoteca da Universidade Católica de Lovaina; e nos Países Baixos, em 1904, a Agência Central de Culturas Fúngicas/CBS (atualmente Instituto de Biodiversidade Fúngica Westerdijk).

No livro clássico “Bactérias intestinais das crianças e suas relações com a fisiologia da digestão” do alemão Escherich (1886), pioneiro da medicina pediátrica, é descrito o relevante papel das bactérias comensais (*Bacterium coli commune*) do intestino das crianças. Em

homenagem a este autor, a bactéria passou a ser designada *Escherichia coli* (Castellani e Chalmers, 1919) e tornou-se, ao longo de décadas, um dos mais importantes modelos experimentais em microbiologia. Curiosamente, este nome científico será somente validado em 1958 (Henry, 2015).

Ao longo de mais de um século, as coleções de culturas microbianas públicas e de serviços foram sendo instituídas em todo o mundo e, atualmente, existem 821 coleções na Federação Mundial de Coleções de Culturas (WFCC, www.wfcc.org), distribuídas por 72 países, que preservam mais de 3,3 milhões de estirpes bacterianas, fúngicas, linhas celulares e vírus, e que estão registadas e sua informação acessível no “Centro Mundial de Dados de Microrganismos” (WDCM, www.wdcm.org).

Todas estes recursos microbianos preservados e disponíveis, bem como toda a sua informação a eles associados, têm permitido ao longo de décadas não só apoiar o desenvolvimento das ciências da vida, incluindo a taxonomia microbiana e o melhor conhecimento do mundo biológico “invisível”, mas também as aplicações biotecnológicas e, consequentemente, a bioeconomia. Exemplo paradigmático é a descoberta da penicilina produzida a partir de um fungo, e subsequente era das terapêuticas antimicrobianas a partir dos antibióticos. Ainda hoje, a estirpe de Flemming se encontra depositada no Reino Unido, na coleção do CABI-Bioscience (antigo Instituto Internacional de Micologia). Hoje, as soluções terapêuticas inovadoras a infeções passam por alternativas aos antibióticos como, por exemplo, a bioterapia com a utilização de vírus bacteriófagos ou de microbiomas intactos (e.g., transplantação do microbioma fecal para tratamento de colites fulminantes causadas por *Clostridioides difficile*).

Com vista a (i) superar a atual dispersão da oferta das coleções de culturas microbianas europeias, (ii) criar um sistema de gestão de alta qualidade facilmente reconhecível por terceiros, (iii) operar sob um sistema de gestão de dados harmonizados e interoperáveis, (iv) ganhar dimensão para enfrentar os grandes desafios sociais atuais, cerca de 50 coleções de culturas e instituições de investigação de 10 países europeus e um país observador uniram-se para estabelecer a Infraestrutura de Investigação de Recursos Microbianos (MIRRI). Esta infraestrutura encontra-se no roteiro do Fórum Estratégico Europeu sobre Infraestruturas de Investigação (ESFRI) desde 2010 e, atualmente, dentro do domínio “Saúde e Alimentos”. Desde julho de 2022 a MIRRI é reconhecida como uma entidade legal de “Consórcio Europeu de Infraestrutura de Investigação” (ERIC) e conta com os seus estatutos publicados no Jornal Oficial da União Europeia.

O estatuto da MIRRI define como seu objetivo “criar, explorar e desenvolver uma infraestrutura pan- Europeia de investigação distribuída que proporcione um acesso facilitado a microrganismos de elevada qualidade, aos seus derivados, aos dados associados e aos serviços para apoiar a investigação, o desenvolvimento e a inovação nos domínios da microbiologia, das ciências da vida e da biotecnologia” (Comissão Europeia, 2022).

Para o sucesso desta missão, foi desenhada uma estrutura de governação com vários níveis de organização: (i) o nível superior de decisão baseia-se na Assembleia de Membros; (ii) o nível de gestão intermédio executivo assenta na Unidade de Coordenação Central (cuja sede estatutária se situa em Braga – Universidade do Minho) e tem como único ponto de acesso a plataforma de “ambiente de trabalho colaborativo” que está organizada com quatro entradas: 1. Informações de Infraestrutura de Investigação; 2. Recursos Microbianos, Dados e Serviços; 3. Colaboração e Especialistas, e 4. Treino e Educação; (iii) por último, o nível operativo é formado pelas coleções de culturas, e cujos representantes dos Nós Nacionais constituem o Fórum Nacional de Coordenadores. Todos estes elementos estão interligados verticalmente e em contínuo desenvolvimento e iteração. Ao nível de cada país há uma grande atividade das suas diferentes coleções para trabalharem em rede e poderem aderir ao MIRRI. Com vista a apoiar e acelerar todo este processo, o atual projeto da Comissão Europeia “Implementação e Sustentabilidade da Infraestrutura de Investigação de Recursos Microbianos para o Século XXI / IS_MIRR21 (<https://ismirri21.mirri.org/>) financia, em parte, as atividades da MIRRI.

De momento, e com a recente publicação dos estatutos da MIRRI, contamos com cinco países fundadores, cinco países prospetivos e um país observador prospetivo. O alargamento e consolidação da MIRRI é, nesta fase, um dos principais desafios desta infraestrutura de investigação. Contudo, ela conta já com mais de 50 organizações/coleções de culturas que coletivamente perfazem mais de 2.800 anos somados de contínua atividade. Cerca de 2/3 destas coleções têm implementado, ou estão em fase de implementação, um sistema de gestão de qualidade, empregam mais de 300 pessoas (e.g., coordenadores nacionais, parceiros, especialistas, etc.) e possuem cientistas de reconhecida reputação internacional. A MIRRI, no seu catálogo comum, disponibiliza mais de 400.000 recursos microbianos, e por ano identifica/caracteriza mais de 20.000 estirpes e fornece número idêntico de amostras. Tem mais de 6.000 utilizadores anuais para mais de 60 tipos de serviços, incluindo a disponibilização de tecnologias de última geração, e mais de 30 serviços combinados em “workflows”. Finalmente, a MIRRI tem cerca de 2.500 seguidores nas redes sociais (websites: mirri.org/ismirri21.mirri.org, Facebook: @mirri.esfri, LinkedIn: mirri/is_mirri21 e Twitter:@mirri_live).

A MIRRI cria assim um ponto único europeu de acesso: (i) a uma ampla gama de microrganismos de alta qualidade, seus derivados e dados associados; (ii) um portfólio amplo e diversificado de serviços de alta qualidade, desde serviços gerais até serviços mais específicos para aplicações – incluindo “workflows” de serviços integrados e orientados para produtos disponibilizados como soluções prontas e personalizadas; (iii) assessoria especializada em aspetos relacionados com os recursos microbianos, como taxonomia, uso legal ou aspetos de biossegurança e de bioproteção, entre outros; e (iv) programas de treino sobre o uso e preservação de microrganismos para promover o desenvolvimento profissional do pessoal que trabalha nas coleções de culturas microbianas. Para o efeito definiu a sua Agenda Estratégica de Investigação e Inovação para a próxima década (Figura 1). As suas sete áreas estratégicas alicerçam-se nas competências existentes nas coleções de culturas microbianas e procuram colmatar, ou acelerar, o conhecimento em temas como biodiversidade, biotecnologia, bioeconomia, sustentabilidade e saúde única.



Figura 1 – Visão geral, em 3 domínios e 7 áreas estratégicas, da Agenda Estratégica de Investigação e Inovação proposta pela MIRRI para a década (2021-2030) – Recursos Microbianos para um Futuro Verde, Saudável e Sustentável. Para mais informações descarregar o ficheiro em: https://www.mirri.org/wp-content/uploads/2021/03/MIRRI_SRIA2021-30_Web-version_20210319.pdf.

Dos atuais 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas as sete áreas estratégicas da Agenda Estratégica de Investigação e Inovação da MIRRI, cobrem oito ODS, nomeadamente: ODS 2. erradicação da fome; ODS 3. saúde de qualidade; ODS 6. água limpa e saneamento; ODS 7. energias renováveis; ODS 12. consumo responsável; ODS 13. combate às mudanças climáticas; ODS 14. vida debaixo da água; e ODS 15. vida sobre a terra. Esta agenda está também alinhada com diferentes agrupamentos, missões e parcerias europeias do novo programa-quadro Horizonte Europa.

A MIRRI procura desenvolver a microbiologia na Europa e para além desta, onde a colaboração multinacional é atualmente dificultada pela dispersão de políticas, recursos e conhecimentos. A excelência na ciência baseia-se no acesso a longo prazo a recursos microbiológicos autênticos que permitam a confirmação de resultados, bem como a dados interoperáveis e curados que possam apoiar investigações e desenvolvimentos académicos e industriais. As coleções de culturas microbianas desempenham um papel fundamental nesta tarefa e a MIRRI-ERIC procura fomentar a sua complementaridade, reduzir a redundância e aumentar a capacidade dos seus parceiros de preservar recursos microbianos de forma coordenada e com boa relação custo-benefício, contribuindo para a reprodutibilidade, integridade e carácter cumulativo da investigação. A MIRRI procura, igualmente, fortalecer a sua relação com a sociedade através de programas e atividades que promovam a literacia em microbiologia. A comemoração do Dia Internacional do Microrganismo (DIM), a 17 de setembro, é uma oportunidade de excelência para a MIRRI atingir esse desiderato.

Agradecimentos:

Agradecemos à Comissão Europeia o financiamento do projeto “Implementation and Sustainability of Microbial Resource Research Infrastructure for 21st Century” (IS_MIRRI21) INFRADEV03 RIA, contrato Nº 871129.

Referências Bibliográficas:

- Castellani, A. e Chalmers, A.J. 1919. Manual of tropical medicine. 3rd Ed. Williams Wood & Co., New York.
- Comissão Europeia. 2022. Estatutos da Infraestrutura de Investigação de Recursos Microbianos — Consórcio para uma Infraestrutura Europeia de Investigação MIRRI-ERIC. Jornal Oficial da União Europeia (2022/C 269/01). [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:32022Y0713\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:32022Y0713(01))
- Escherich, T. 1886. Die darmbakterien des säuglings und ihre beziehungen zur physiologie der verdauung. F. Enke, Stuttgart.
- Henry, R. 2015. Etymologia: Escherichia coli. Emerging Infectious Diseases 21(8):1310. <https://doi.org/10.3201/eid2108.et2108>
- Kocur, M. 1990. History of the Král Collection. In: 100 Years of Culture Collections – Proceedings of the Král Symposium to celebrate the centenary of the first recorded service culture collection. Sly, L.I. e Kirsop, B. (Eds), Institute for Fermentation, Osaka, Japan, pp: 4-12. ISBN: 4-938693-01-1.
- Král, F. 1889. Weitere Vorschläge Und Anleitungen von baeteriologisehen Museen. Zeitschrift für Hygiene 5(1):497- 505. <https://doi.org/10.1007/BF02188366>
- Soyka, J. e Král, F. 1888. Vorschläge Und Anleitungen Zur Anlegung baeteriologischen Museen. (Aus dem hygienischen Institute der deutschen Universitat in Prag.). Zeitschrift für Hygiene 4(1):143-150. <https://doi.org/10.1007/BF02188086>



Rodrigo Costa

Instituto de Bioengenharia e Biociências (iBB) e Instituto para a Saúde e a Bioeconomia (i4HB)

Departamento de Bioengenharia, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa

O microbioma marinho para um oceano saudável e uma bioeconomia sustentável

O que é o microbioma marinho e qual a sua magnitude?

A comunidade microbiana oceânica – ou o microbioma marinho - é de relevância fundamental à saúde humana e dos ecossistemas, e compreende uma panóplia de seres microscópicos pertencentes a ramos distintos da árvore da vida. Inclui os organismos procariotas (arqueias e bactérias), bem como uma vasta diversidade de microeucariotas unicelulares, como microalgas e protozoários, coletivamente referidos como “protistas”, para além dos fungos marinhos [1]. Os vírus, embora não pertençam formalmente à árvore da vida, são também considerados parte do microbioma e possuem um papel fundamental na regulação do tamanho populacional de seus organismos hospedeiros, desde os microrganismos até aos mamíferos aquáticos.

O microbioma marinho varia em composição e diversidade de espécies consoante as características do habitat circundante (águas de superfície ou de profundidade, sedimentos aeróbicos ou anaeróbicos etc.) ou do organismo hospedeiro em causa. As espécies em um dado microbioma podem atuar como mutualistas, patógenos, parasitas, predadores ou comensais, e medeiam uma ampla gama de vias metabólicas à microescala que sustentam processos oceânicos globais, como o sequestro de CO₂ atmosférico, a importação de carbono orgânico de águas superficiais para águas profundas, a transferência horizontal de genes entre diferentes espécies biológicas, e os ciclos biogeoquímicos. Estima-se que o microbioma marinho consiste de 4.10¹² toneladas de carbono, o equivalente a cerca de dois- terços da biomassa global do oceano [1]. Este microbioma é responsável por uma atividade fotossintética equivalente àquela levada a cabo pelas plantas terrestres, é a base das cadeias tróficas marinhas, e é constituído por várias centenas de milhares de espécies, a maioria das quais ainda por catalogar e à espera de cultivo em laboratório.

Desafios e soluções ao estudo dos microbiomas marinhos

Uma das principais limitações ao estudo holístico da diversidade, função e dinâmica dos microbiomas na natureza, incluindo o microbioma marinho, é o facto de que uma grande proporção de suas espécies constituintes não pode, usualmente, ser cultivada em laboratório. Esta limitação prende-se com a impossibilidade de se reproduzir as condições necessárias ao crescimento de todos os microrganismos de um dado microbioma com as metodologias vigentes, mesmo que para o efeito se utilizem diversos meios de cultura de composição nutricional distinta, bem como variações nos parâmetros de incubação (temperatura e tempo de incubação, níveis de oxigenação etc.). Adicionalmente, é presumível que vários microrganismos coexistam de forma interdependente em sintrofia (ou seja, nutrem-se dos produtos metabólicos uns dos outros em seu ambiente), ou que dependam de fatores de crescimento ou nutrientes disponibilizados especificamente pelos seus hospedeiros, o que contribui à recalcitrância destas espécies ao cultivo em laboratório. Acresce a isto a observação de que muitas espécies, mesmo que suscetíveis a crescimento em um dado meio de cultura, formam microcolónias que escapam à deteção do olho desarmado, dificultando o seu isolamento e monitorização em condições laboratoriais de rotina.

De forma a ultrapassar estas limitações, as chamadas estratégias moleculares independentes de cultivo para o estudo dos microbiomas, primordialmente calcadas na extração do ADN microbiano total ou “comunitário” (o “metagenoma”) e sua posterior análise com recurso a vários métodos de tipagem, sequenciação e biologia sintética, têm sido desenvolvidas e aperfeiçoadas ao longo das últimas décadas, e constituem o estado-da-arte relativamente ao estudo da diversidade, função, e potencial biotecnológico dos microrganismos até então não cultiváveis. Após extração do ADN microbiano total, ou metagenoma microbiano, do ambiente marinho ou dos seus organismos hospedeiros, esse ADN pode, por exemplo, ser amplificado por recurso a PCR e, após sequenciação de marcadores moleculares selecionados (o caso dos genes do RNA ribossómico, região genómica que constitui “um relógio biológico”) é possível, por pesquisa em bases de dados adequadas, prever a diversidade das comunidades microbianas presente numa amostra. Para além disso, é hoje possível reconstruir, com elevado grau de completude e especificidade, genomas de espécies microbianas não cultiváveis presentes em um microbioma complexo. Para o efeito, recorre-se à sequenciação em massa do metagenoma microbiano seguida de técnicas avançadas para a montagem dos vários genomas presentes com base em padrões como a distribuição de abundâncias de tetra-nucleótidos de um dado genoma, que funcionam como um “fingerprint” identificador das diferentes espécies que compõem o microbioma.

Estas técnicas moleculares, associadas a recursos bioinformáticos necessários à análise de dados em larga escala, vieram permitir avanços rápidos na compreensão, com um detalhe e profundidade sem precedentes, da diversidade e função das complexas comunidades microbianas que habitam os oceanos, e na descoberta de múltiplas novas espécies, géneros, famílias e até mesmo filos microbianos que escaparam às técnicas convencionais de cultivo em laboratório. Isto resultou em uma nova perspetiva desse mundo microscópico pois, por exemplo, cerca de dez mil espécies bacterianas podem coexistir em apenas um grama de sedimento marinho, nunca tendo a sua maioria podido ser cultivada em laboratório. Acresce

que veio aumentar radicalmente o potencial de exploração do metabolismo microbiano com vista ao desenvolvimento de novas aplicações biotecnológicas.

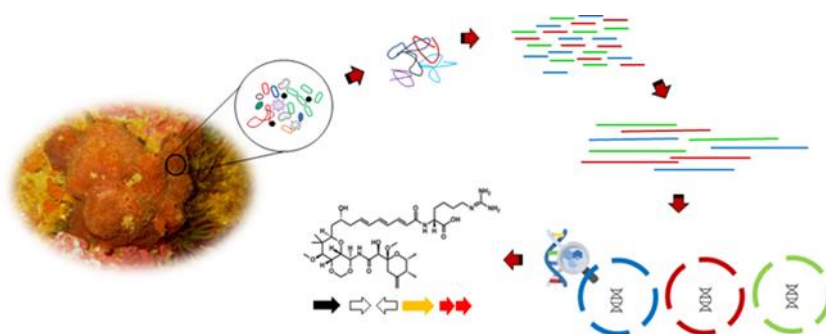


Figura 1: Procedimento básico para a obtenção de genomas bacterianos montados a partir de metagenomas (“metagenome-assembled genomes – MAGs). A partir de um dado organismo hospedeiro (na ilustração: a esponja marinha *Ircinia variabilis*. Foto: Dr. Jorge Gonçalves), extrai-se o DNA microbiano total (o metagenoma), que é posteriormente sujeito a fragmentação e sequenciação de nucleótidos dos fragmentos resultantes, por técnicas de sequenciação em massa. As regiões sobrepostas entre as sequências dos fragmentos de ADN obtidos são a seguir assembladas em sequências contíguas (“contigs”) de maior tamanho. Os contigs que possuem padrões de distribuição e frequência de tetranucleótidos altamente semelhantes entre si têm na sua origem a mesma espécie bacteriana, e por isso são selecionados para a montagem de um genoma representativo desta espécie. Os genomas podem ser sujeitos, por exemplo, à prospeção para a presença de grupos de genes codificadores de metabolitos secundários. Estas assinaturas genómicas podem ser utilizadas em experimentos de biologia sintética com vistas à expressão heteróloga do grupo de genes em causa. Em certos casos, a sintenia dos genes pertencentes ao grupo codificador é de grande auxílio à previsão da estrutura do respetivo metabolito. O composto apresentado na ilustração corresponde à Onnamida A, um policétido anti tumoral sintetizado por simbiosites de esponjas marinhas.

As secções seguintes exploram o potencial de aplicação deste conhecimento emergente para a conservação do oceano e a promoção da biotecnologia azul, utilizando as simbioses marinhas e a aquacultura como modelos de estudo.

Um reservatório global de novos metabolitos com potencial biotecnológico

Recentemente, a aplicação em larga escala de técnicas de “screening” do genoma de bactérias planctónicas (próprias da coluna d’água) por fatores de biossíntese de metabolitos secundários revelou mais de 40,000 grupos de genes codificadores de potenciais novos produtos naturais entre várias espécies de bactérias marinhas até então não cultivadas em laboratório [2]. Estes dados sugerem o microbioma marinho como uma fonte inesgotável de produtos naturais diversos cujas biossíntese e bioatividades podem ser exploradas com recurso a técnicas de biologia sintética aliadas à recombinação e expressão do ADN de bactérias não cultiváveis em microrganismos heterólogos cultiváveis, como demonstrado para os novos péptidos “phospeptin” e “pythonamide” [2]. A abordagem metagenómica permitiu-nos, também, perceber que poderão ser os microrganismos simbióticos, em grande parte, os responsáveis pela biossíntese de uma vasta gama de produtos naturais com actividade

antibacteriana, antifúngica e anti tumoral regularmente encontrada em invertebrados marinhos sésseis como as esponjas e os corais, duas das fortes mais prolíficas de compostos bioativos marinhos. Um expoente desta nova perspectiva é a recente descoberta do filo bacteriano não cultivável *Tectomicrobia*, que está na origem da biossíntese de quase todo o arsenal de policétidos anti tumorais extraídos da esponja marinha *Theonella swinhoei* [3]. Espera-se que tais descobertas, em conjunto, terão um impacto profundo no desenvolvimento de novos fármacos inspirados em produtos naturais, o que poderá vir a alavancar soluções inovadoras para o crescente fenómeno da resistência múltipla a antibióticos entre microrganismos patogénicos, quer no ambiente hospitalar, quer em sistemas de produção alimentar intensiva como a agri- e a aquacultura.

As simbioses e o seu papel no funcionamento dos ecossistemas marinhos

As técnicas metagenómicas são também de fundamental importância para a nossa compreensão da evolução e ecologia da interação microbioma-hospedeiro no ambiente marinho, permitindo uma nova leitura acerca do papel das simbioses na saúde do organismo hospedeiro e dos ecossistemas. As associações entre os microrganismos e os invertebrados marinhos sésseis como as esponjas e os corais, por exemplo, abrangem um vasto número de funções e trocas metabólicas que puderam ser descritas ao detalhe com recurso a métodos independentes de cultivo. Os microrganismos simbiontes recebem vasto suprimento de nutrientes, resultante da atividade filtradora do hospedeiro, e retribuem com funções metabólicas várias, uma delas, potencialmente, a defesa química contra organismos competidores, predadores e parasitas, que está na base da produção dos vários compostos bioativos típicos destes microbiomas. A provisão de nutrientes essenciais ao organismo hospedeiro, como aminoácidos e vitaminas B, bem como a metabolização de compostos tóxicos como a amónia são, também, consideradas funções basais destes microbiomas. As esponjas marinhas, mais especificamente, são excecionais organismos filtradores que possuem reconhecida função de “limpeza” da coluna d’água, que está associada à retirada de partículas em suspensão e mesmo de poluentes presentes no ecossistema. A alta versatilidade catabólica do microbioma das esponjas, bem como a sua capacidade singular de adsorver metais pesados e degradar compostos recalcitrantes, como os derivados de petróleo, é indicativo de seu papel fulcral na reciclagem de nutrientes e preservação dos ecossistemas marinhos. Notavelmente, estimativas sugerem que o valor económico associado à filtração e reciclagem d’água pelas esponjas marinhas em zonas oceânicas corresponde a aproximadamente o dobro do valor de mercado do pescado, em uma área equivalente [4].

Os recifes de coral, por sua vez, são habitat não apenas de diversas espécies de corais como também de esponjas, briozoários, ascídias, moluscos, crustáceos, peixes e algas, e sustentam uma estimada população humana global de cerca de 500 milhões de indivíduos. Sabe-se atualmente que a interação coral-microbioma é um exemplo de associação sem a qual a exploração sustentável dos recifes de coral e seus recursos não seria possível: o processo de branqueamento dos corais resulta da expulsão de um simbionte-chave desta associação, as microalgas fotossintéticas dinoflageladas pertencentes à família *Symbiodiniaceae*, sensíveis ao aumento da temperatura do mar. A seguir à retirada deste simbionte, dá-se um efeito em cascata de desconfiguração da composição de todo o microbioma associado ao organismo

hospedeiro (um processo denominado “dysbiosis”), resultando, quase inevitavelmente, em morte do coral. Estudos recentes sugerem que a regeneração do microbioma coralíneo através, por exemplo, da utilização de simbiontes probióticos ou do desenvolvimento de estirpes de *Symbiodiniaceae* resistentes a altas temperaturas, conferem maior resiliência ao organismo hospedeiro face a stress induzido por mudanças climáticas ou poluição [5]. Embora não existam, presentemente, tecnologias de larga escala que permitam a manipulação dos microbiomas dos corais e observação da sua resiliência face as intempéries ambientais, o conhecimento vigente realça o papel inalienável dos microbiomas coralíneos na funcionalidade dos ecossistemas bentónicos.

O corrente aquecimento dos oceanos aliado aos demais impactes antrópicos sobre os ecossistemas marinhos, principalmente os ambientes costeiros sujeitos a pressões como o input de matéria orgânica e o crescimento da indústria da aquacultura, tem favorecido a proliferação de microrganismos oportunistas que podem comprometer o estado de equilíbrio dinâmico dos microbiomas, com consequências diretas ao funcionamento e conservação dos ecossistemas naturais e fabricados pelo homem [5,6]. Particularmente, a gestão experimental dos microbiomas através da utilização de simbiontes probióticos capazes de suprimir a proliferação de patógenos oportunistas, como certas espécies do género *Vibrio*, tem-se demonstrado um mecanismo eficiente na prevenção de doenças infecciosas tanto em corais como em peixes, crustáceos e moluscos produzidos em aquacultura, apontando para estratégias de utilização dos microbiomas e suas propriedades como uma alternativa possível para o controlo de patógenos no ambiente marinho e a práticas de aquacultura mais sustentáveis.

Em síntese, a união de técnicas avançadas de cultivo (“cultivar o incultivável”) a estratégias moleculares e independentes de cultivo para a análise da diversidade e função dos microbiomas tem revolucionado a nossa perceção acerca do papel dos microrganismos no funcionamento dos ecossistemas e na fisiologia de seus organismos hospedeiros, sendo um dos pilares fundamentais da Biologia moderna e funcionado como uma plataforma fértil a descobertas inovadoras na área da biotecnologia azul.

Referências Bibliográficas

- [1] Tara Ocean Foundation., Tara Oceans., European Molecular Biology Laboratory (EMBL). et al. 2022. Priorities for ocean microbiome research. *Nat Microbiol* 7:937-947. <https://doi.org/10.1038/s41564-022-01145-5>
- [2] Paoli, L., Ruscheweyh, H-J., Forneris, C.C. et al. 2022. Biosynthetic potential of the global ocean microbiome. *Nature* 607:111-118. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-04862-3>
- [3] Wilson, M., Mori, T., Rückert, C. et al. 2014. An environmental bacterial taxon with a large and distinct metabolic repertoire. *Nature* 506:58–62. <https://doi.org/10.1038/nature12959>
- [4] Pham, C.K., Murillo, F.J., Lirette, C. et al. 2019. Removal of deep-sea sponges by bottom trawling in the Flemish Cap area: conservation, ecology and economic assessment. *Sci Rep* 9:15843. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-52250-1>
- [5] Peixoto, R.S., Voolstra, C.R., Sweet, M. et al. 2022. Harnessing the microbiome to prevent global biodiversity loss. *Nat Microbiol.* <https://doi.org/10.1038/s41564-022-01173-1>
- [6] Borges, N., Keller-Costa, T., Sanches-Fernandes, G.M.M. et al. 2021. Bacteriome structure, function, and probiotics in fish larviculture: the good, the bad, and the gaps. *Ann Rev Anim Biosci* 9: 423-452. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-062920-113114>



Bruno Sommer Ferreira

Presidente do Conselho de Administração da Biotrend - Inovação e Engenharia em Biotecnologia, S.A.

Director Executivo para a Investigação e a Inovação da A4F – Algafuel, S.A.

Microrganismos e bioeconomia sustentável

Os microrganismos são a forma de vida predominante no planeta, tanto em número como biomassa total. Enquanto primeiras formas de vida na Terra, apresentam um espectro único de diversidade evolutiva, sendo encontrados numa variedade de ambientes, incluindo em condições extremas.

A sua ubiquidade na biosfera e a diversidade das suas atividades torna os microrganismos agentes cruciais para o funcionamento do Planeta e dos ecossistemas: são mediadores e regulam ciclos biogeoquímicos e a reciclagem de materiais biológicos, são produtores-chave e sequestradores de gases com efeito de estufa e, como tal, importantes nos equilíbrios e desequilíbrios que provocam as alterações climáticas, desempenham papéis essenciais na estrutura e fertilidade dos solos e nas características dos ecossistemas em terra e aquáticos.

As atividades e produtos microbianos têm sido utilizados pela Humanidade desde os primórdios da civilização, nomeadamente na produção de cerveja, pão, queijo e produtos de leite fermentado, etc. Ao longo do tempo, as tecnologias microbianas foram sendo diversificadas, mas progresso notável quando na década de 70 do século passado as primeiras tecnologias de engenharia genética foram desenvolvidas, permitindo como nunca antes a compreensão dos fenómenos biológicos e celulares, bem como fornecendo ferramentas para de uma forma racional e sistemática alterar os sistemas biológicos de modo a recombinar diversas atividades e funções presentes em diferentes microrganismos, desenvolvendo autênticas fábricas celulares.

Nesta apresentação, dar-se-á destaque a exemplos concretos da utilização dos microrganismos em aplicações que contribuem para o nascimento de uma bioeconomia sustentável e concretização de uma verdadeira economia circular baseada na utilização de recursos renováveis.

Caso 1: Rações para aquacultura

A quantidade de peixe consumida pela população global não tem parado de aumentar, passando de 100 milhões de toneladas em 1990, prevendo-se que exceda 200 milhões de toneladas em 2030, um crescimento médio de 3.2% ao ano, uma taxa que excede em muito o crescimento da população humana. Se em 1990 a vasta maioria do peixe consumido provinha da pesca, actualmente mais de metade é produzido por aquacultura. A farinha de peixe, um dos principais produtos utilizados na ração para aquacultura, está associada à pesca excessiva, em particular de espécies na base das cadeias tróficas dos ecossistemas marinhos. Além de proteína, contém ácidos gordos polinsaturados, os conhecidos ómega-3, associados a benefícios para a saúde do consumo de peixe, como por exemplo o salmão. A produção de ração para aquacultura necessita de cerca de 140 000 toneladas de óleos de ómega-3 por ano, tradicionalmente obtidas do processamento da pesca de anchoveta e krill, pequenos crustáceos marinhos, ambos espécies na base da cadeia trófica. No entanto, nenhuma espécie de peixe (ou animal) é capaz de sintetizar ómega-3, tendo de obtê-lo através da dieta. A fonte primordial de ómega-3 são microrganismos que vivem em ambientes marinhos e que são a base da alimentação de krill. Esses microrganismos foram isolados e podem ser cultivados em terra em unidades de produção industriais, dos quais se podem extrair óleos ricos em ómega-3, mas também proteína e outros ingredientes que permitem que constitua uma porção significativa de rações para aquacultura de nova geração, substituindo com vantagem a farinha de peixe. As condições de produção destes microrganismos podem ser estabelecidas de tal modo que acumulam óleo rico em ómega-3 perfazendo mais de metade da sua massa seca, num processo produtivo que dura cerca de 5 dias. Isso significa que 1 tonelada de biomassa microbiana, produzida em 5 dias, permite a produção de óleo rico em ómega-3 equivalente àquele que seria obtido através da extração de 30 toneladas de peixe produzido em mais de 6 meses. Torna possível que uma única unidade industrial permita num ano produzir óleo rico em ómega-3 equivalente àquele que seria obtido da captura de 1.2 milhões de toneladas de peixe.

Caso 2: Produção de proteínas alternativas e sustentáveis

O crescimento da população mundial e o surgimento, em países extremamente populosos, de uma classe média com maior poder de compra tem contribuído para alteração do regime alimentar dessas populações, tradicionalmente baseada em vegetais, para a crescente introdução de carne nas suas dietas. Continuando esta tendência, é visível que as consequências para o planeta serão significativas, pelo aumento das emissões de metano (um gás com efeito de estufa muito superior ao do dióxido de carbono) e pelo desmatamento de floresta, nomeadamente de floresta tropical, uma das maiores reservas de biodiversidade do Planeta e essencial para o equilíbrio do ciclo do carbono, para aumentar as áreas de pastagem. Os microrganismos podem ser produzidos em grande escala e, tendo uma taxa de crescimento muito superior àquela de animais e plantas superiores, permitem de forma eficiente, produzir proteína que pode ser utilizada em alimentação animal ou humana. Existem vários sistemas biológicos possíveis, desde microrganismos capazes de crescer em correntes secundárias de processos industriais e microalgas que capturam dióxido de carbono da atmosfera e podem utilizar azoto e fósforo captados de correntes líquidas que de outro

modo poderiam contribuir para a eutrofização de aquíferos. No futuro próximo, antevê-se a possibilidade de produção de bio-metanol (a partir de bio-metano) e amónia, usando exclusivamente água, ar atmosférico e energias renováveis, para a produção de microrganismos com um teor proteico superior a 80%, evitando a utilização de terra arável. Usando tecnologias de fermentação, uma área equivalente a 1 campo de futebol permitiria produzir anualmente 100 mil toneladas de proteína, algo que com a soja, fonte de proteína principal incorporada em rações e um dos maiores responsáveis pela desflorestação para incorporação, necessitaria de uma área equivalente a mais de 100 000 estádios de futebol.

Caso 3: Produção de bioplásticos biodegradáveis

Desde meados do século passado a produção e desenvolvimento de um número crescente de polímeros revolucionou diversas indústrias, desde a indústria têxtil, de embalagens, indústria automóvel, de eletrodomésticos, etc. Os plásticos trouxeram conveniência à vida moderna de tal modo que hoje é praticamente impossível pensar num mundo sem a sua presença. Para além de plásticos duráveis, inúmeras aplicações existem no mundo moderno em que os plásticos descartáveis se tornaram incontornáveis, nomeadamente na indústria alimentar e sua distribuição. No entanto, para além da sua origem tipicamente em recursos não renováveis, na última década, as consequências da acumulação de plásticos na natureza e o seu impacto na saúde dos ecossistemas e do próprio Homem (presença de microplásticos no organismo humano), tornaram-se de tal forma visíveis que não se poderia deixar de atuar. Não se pode deixar de utilizar plásticos de um dia para o outro na totalidade de aplicações. No entanto, para alguns fins, é possível antever-se a produção de plásticos por via microbiana. Já hoje existe tecnologia para a utilização de matérias primas renováveis, como resíduos florestais e agro-industriais ou mesmo a fração orgânica de resíduos sólidos municipais, para o cultivo de microrganismos que produzem e acumulam biopoliésteres biodegradáveis, os quais, quando devidamente formulados, podem também originar materiais duráveis, mas compostáveis em fim de vida. Por outro lado, podem utilizar-se microrganismos para produzir compostos químicos simples, como o álcool etílico ou o ácido láctico, entre outros, a partir de matérias primas renováveis e utilizar esses compostos para a produção de uma variedade de polímeros de origem biológica e renovável.

Caso 4: Produção de alternativas aos pesticidas químicos

O notável aumento da produtividade da agricultura durante o século XX está associado à introdução de fertilizantes e pesticidas na prática agrícola. No entanto, os pesticidas são compostos pouco específicos para as pragas que se pretendem combater, afetando, entre outros, insetos responsáveis pela polinização e resíduos de pesticidas nos alimentos cultivados são prejudiciais à saúde. Por outro lado, sendo compostos tipicamente muito recalcitrantes, são lixiviados para os rios e os oceanos, estando documentados os impactos relevantes em ecossistemas fluviais e de estuários. Os insetos produzem feromonas que são moléculas-chave no processo de atracção dos insetos macho e fêmea. Através da libertação de feromonas sexuais de insetos nos campos, os insetos machos não conseguem encontrar o inseto fêmea, não ocorre a fertilização nem a deposição de ovos que se desenvolveriam nas larvas que se alimentariam dos cultivos. Através da utilização de engenharia genética é

possível produzir em leveduras, com grande especificidade feromonas para a espécie em causa, não afetando as restantes. Estes compostos de origem biológica são também biodegradáveis, pelo que não têm qualquer impacto ambiental relevante associado.

Estes são apenas alguns exemplos de como a diversidade microbiana e a aplicação contínua do conhecimento científico e técnico que permite transformar utilizar essas ferramentas que a natureza oferece para possibilitar um número crescente de aplicações em áreas diversas das atividades humanas. Como os desafios de sustentabilidade são também tão diversos e complexos, a extraordinária diversidade da tecnologia microbiana tem o potencial de contribuir de forma substancial, isoladamente ou em sinergia com outras áreas, para os esforços necessários para cumprir as metas de sustentabilidade.



Francisco Gírio

Unidade de Bioenergia e Biorrefinarias do Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG)
Laboratório Colaborativo para as Biorrefinarias (CoLAB BIOREF)

Microrganismos e produção sustentável de biocombustíveis

Os biocombustíveis são atualmente a principal fonte renovável para a redução das emissões de gases com efeito de estufa (GEE) no setor dos transportes, podendo ser utilizados nos modos rodoviário, marítimo ou aviação. Enquanto a transição energética para outras formas de mobilidade, caso da elétrica, quer seja por bateria ou por pilha de combustível, só atingirá uma penetração significativa após 2030 e não em todos os modos de transporte, os biocombustíveis são a única fonte renovável disponível em larga escala e que permite utilizar a infraestrutura atual de distribuição de combustíveis fósseis.

Por este motivo, os biocombustíveis, se produzidos de forma sustentável, possuem um papel central numa sociedade europeia baseada em energia limpa (Gírio, 2019).

Os biocombustíveis atuais (biodiesel e óleos vegetais hidrogenados obtidos de oleaginosas ou o etanol de amido de culturas agrícolas) ou de primeira geração, não atingem níveis de sustentabilidade que lhes permita manterem-se no mercado nos próximos anos em face da competição, quer com outras formas de produção de biocombustíveis mais sustentáveis, quer por uso de matérias-primas residuais quer pelo uso de tecnologias avançadas.

Aliás, a Agência Internacional de Energia nas suas previsões de longo prazo, até 2070, estima que o grosso do uso da bioenergia nesse ano será quer para biocombustíveis nos transportes, quer para produção de eletricidade e calor, associados na sua maioria a projetos de captura, armazenamento e utilização de CO₂ (CCUS) (IEA, 2020).

Os microrganismos desempenham um papel fundamental em várias tecnologias biotecnológicas de produção de biocombustíveis sustentáveis e serão apenas algumas dessas que a seguir se descrevem sucintamente.

De entre as várias tecnologias biológicas, os processos fermentativos com diferentes espécies de leveduras ou bactérias predominam na produção de álcoois (etanol, isobutanol, álcoois superiores), hidrocarbonetos ou ácidos gordos de cadeia longa. As matérias-primas usuais são

açúcares obtidos da hidrólise de biomassas lenho-celulósicas, mas qualquer biorresíduo ou fração orgânica que contenha carbono é adequado para a maioria dos processos biotecnológicos.

As tecnologias fermentativas devem ser adaptadas ao microrganismo de processo que possui uma arquitetura metabólica específica, geralmente modificada por tecnologias de DNA recombinante, para produzir ou sobreproduzir uma determinada molécula(s) que seja(m) precursores de biocombustíveis avançados.

No caso da produção de etanol, os microrganismos industriais geralmente utilizados são estirpes recombinantes de *Saccharomyces cerevisiae*, que possuem várias vantagens em relação às estirpes selvagens ou de outros gêneros de leveduras, nomeadamente a capacidade de utilização de um maior número de fontes de carbono ou a capacidade de realizarem fermentação em condições de ausência de oxigénio. Um bom exemplo são as estirpes recombinantes de *S. cerevisiae* que cofermentam D-glucose e D-xilose em condições anaeróbias.

A produção de álcoois superiores (ex. isobutanol, butanol) é outra aposta industrial pelas vantagens destes álcoois comparativamente com o etanol, nomeadamente um teor energético mais elevado, e superior miscibilidade com os combustíveis fósseis (ex. gasolina). Esta tecnologia pode ser baseada quer em bactérias quer em leveduras geneticamente modificadas, mas encontra-se ainda em fase de demonstração (Fig. 1).

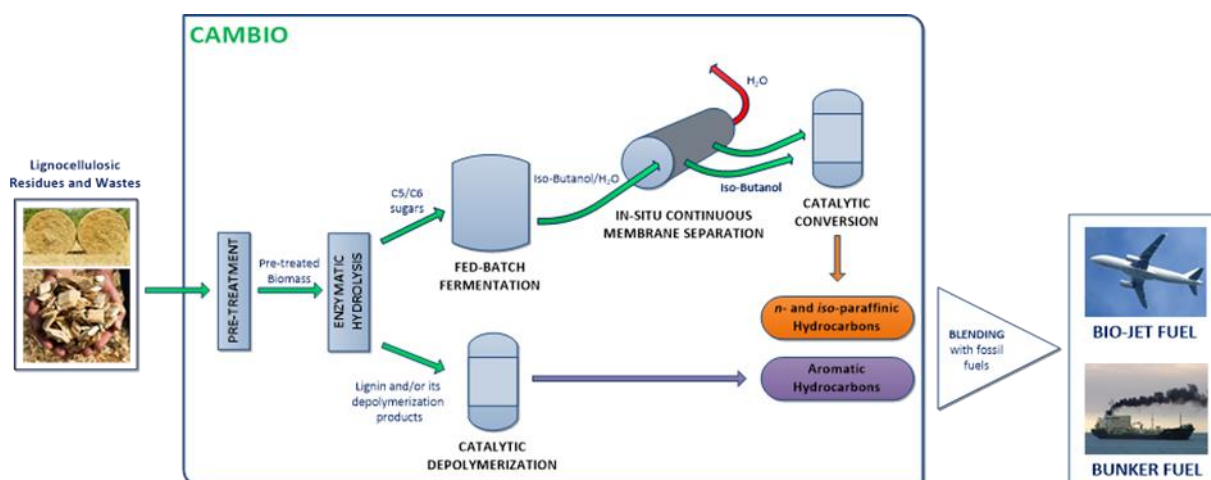
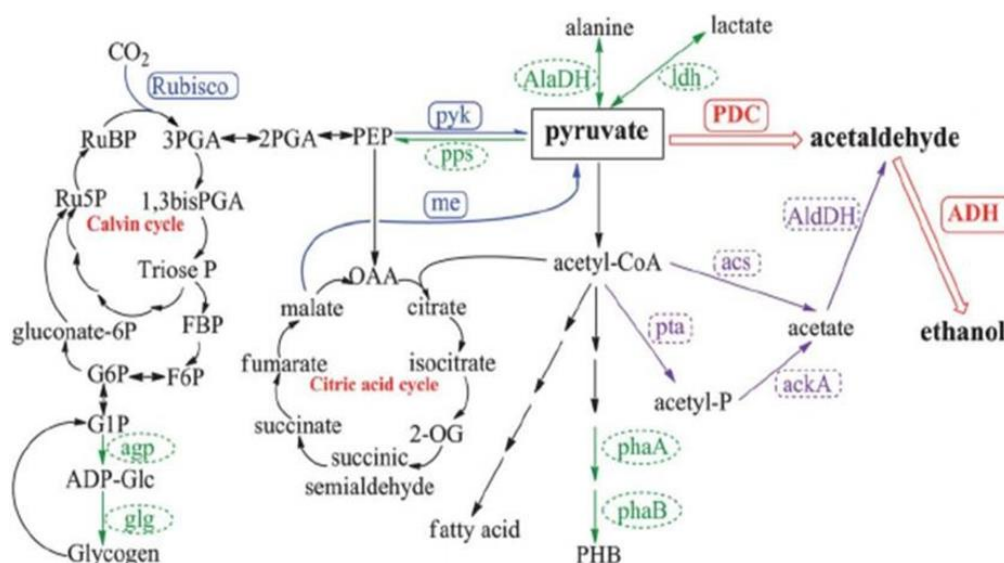


Figura 1. Esquema conceitual de produção de biocombustíveis sustentáveis para aviação e marítimo utilizando biomassas de natureza residual

Igualmente a produção direta de hidrocarbonetos a partir de açúcares por microrganismos tem merecido a atenção industrial, é o caso da empresa francesa Global Bioenergies, que possui um processo de conversão biológica de sacarose num hidrocarboneto gasoso, o isobuteno. O isobuteno é um composto químico essencial para a produção de ETBE (éter etil terciário-butílico) que é um aditivo das gasolinas, prevenindo a evaporação da gasolina, para além de ser um precursor do isoctano e do isododecano, ambos aditivos diretos de gasolinas.

Para além da produção de álcoois, a produção de ácidos gordos de cadeia longa (bio-óleos) por fermentação de açúcares através de leveduras que acumulam lípidos, permite substituir de forma sustentável o uso de óleos obtidos a partir de culturas vegetais de uso alimentar, caso da soja, colza ou girassol. Esses bio-óleos podem ser posteriormente processados quimicamente em biocombustíveis substitutos de diesel e de querosene para a aviação.

Em Portugal, o Laboratório Colaborativo para as Biorrefinarias (CoLAB BIOREF) desenvolve em parceria com vários dos seus associados, nomeadamente o IST-UL, a Univ. Minho, a NOVA e o LNEG, o projeto Move2LOWC que tem por objetivo demonstrar a nível piloto esta tecnologia de produção biológica de substitutos do combustível jet-A1 fóssil utilizando leveduras não convencionais selecionadas no IST-UL. Outra forma sustentável de produção de biocombustíveis avançados, é utilizando a capacidade das microalgas de utilizarem diretamente a luz e o CO₂ para a produção de transportadores de energia como moléculas intermediárias para a produção de biocombustíveis líquidos. No âmbito de um projeto europeu, o LNEG e a empresa portuguesa A4F demonstraram o conceito de produção de etanol diretamente a partir da luz e de CO₂ utilizando uma cianobactéria geneticamente modificada contendo uma cassete contendo o gene heterólogo piruvato descarboxilase (pdc) da bactéria *Zymomonas mobilis* e a sobreexpressão de uma álcool desidrogenase (adhII) endógena dependente de Zn²⁺ (Fig. 2) (Lopes da Silva et al, 2018).



30

Nesta comunicação, será apresentada uma perspetiva geral do papel dos microrganismos na produção sustentável de biocombustíveis, exemplificando-se o papel do uso de tecnologias biológicas, envolvendo diferentes tipos de fábricas celulares.

Referências bibliográficas

- (1) Gírio, F. (2019) Innovation on Bioenergy. In: Lago, C., Caldés, N., Lechón, Y. (Eds) The Role of Bioenergy in the Emerging Bioeconomy – resources, technologies, sustainability and policy. Academic Press, Elsevier, Ch. 9, pp. 405-429.
- (2) IEA (2020), Energy Technology Perspectives 2020, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2020>
- (3) Moniz, P., Silva, C., Oliveira, A.C., Reis, A., Lopes da Silva, T. (2021) Raw Glycerol Based Medium for DHA and Lipids Production using the Marine Heterotrophic Microalga *Cryptocodinium cohnii*. Processes, 9, 2005.
- (4) Lopes da Silva, T., Passarinho, P. Galriça, R., Zenóglia, A., Armshaw, P., Pembroke, T., Sheahan, C., Reis, A. Gírio, F. (2018) Evaluation of the ethanol tolerance for wild and mutant *Synechocystis* strains by flow cytometry. Biotechnology Reports, 17:137-147



Miguel Prudêncio

Instituto de Medicina Molecular João Lobo Antunes
Faculdade de Medicina da Universidade de Lisboa

Regresso da malária a Portugal: mito ou ameaça real?

A malária é a doença parasitária mais prevalente e mais mortífera no mundo. De acordo com o mais recente Relatório Anual sobre a Malária da Organização Mundial de Saúde (OMS), esta doença terá causado a morte a mais de 600.000 pessoas, sobretudo crianças até aos 5 anos de idade, apenas ao longo do ano de 2020.

A malária é causada por parasitas do género *Plasmodium*, dos quais existem cinco espécies capazes de causar a doença em seres humanos. De entre estes, o *P. falciparum* e o *P. vivax* levantam especiais preocupações, em função da sua mortalidade e prevalência, respetivamente. O ciclo de vida destes parasitas é complexo, envolvendo dois hospedeiros obrigatórios: um hospedeiro invertebrado – mosquitos fêmea do género *Anopheles* – e um hospedeiro mamífero – o ser humano (Fig. 1).

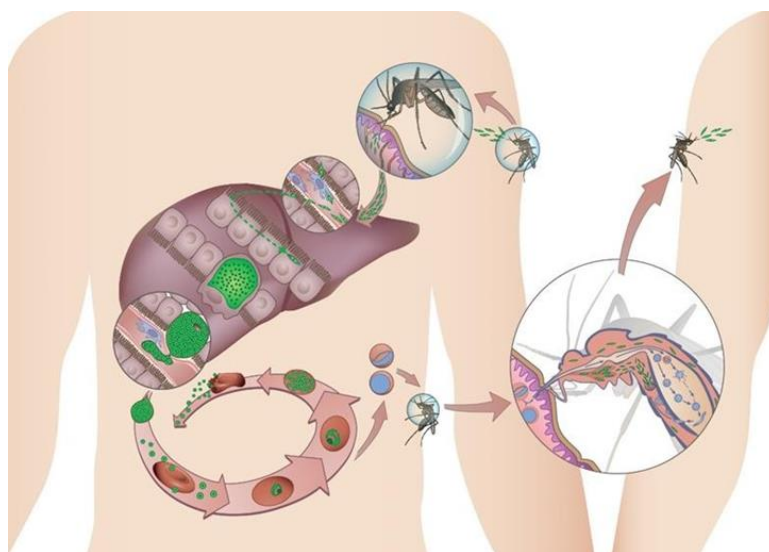


Figura 1. Ciclo de vida dos parasitas *Plasmodium*, causadores da malária.

A malária foi endémica em Portugal e em outros países Europeus até às décadas de 1950-1960, tendo sido declarada eliminada desta região na primeira metade da década de 1970, muito graças à Campanha Global de Erradicação da Malária, levada a cabo pela OMS entre 1955 e 1968. No entanto, a doença continua a ter um impacto enorme em diversas regiões do globo, com destaque para a África subsaariana, bem como algumas zonas da América Latina e do Sudoeste Asiático (Fig. 2).

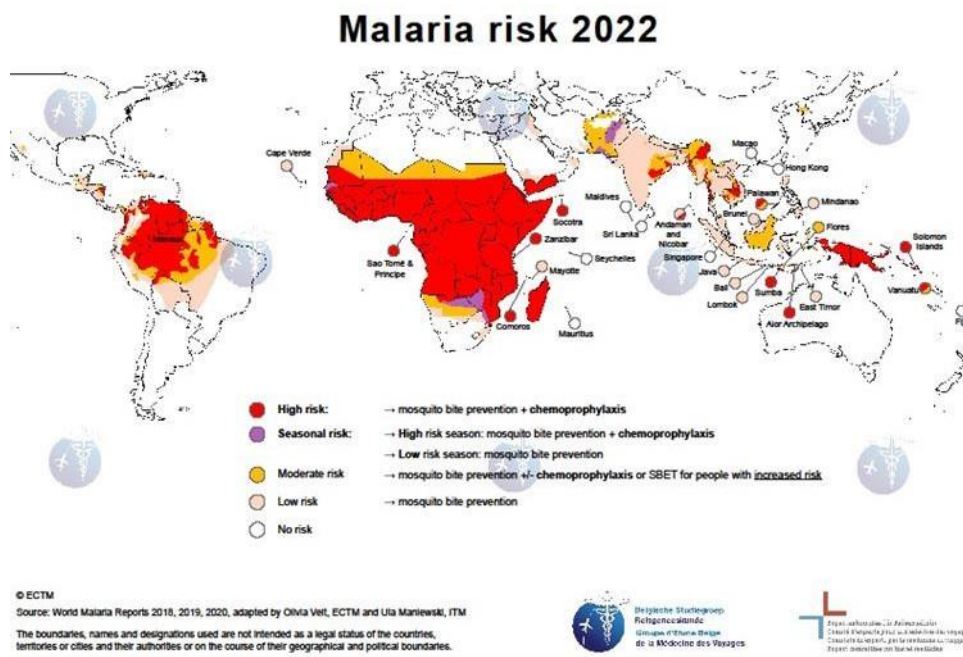


Figura 2. Mapa da endemicidade global da malária.

A presença de mosquitos *Anopheles* com alguma capacidade vetorial para os parasitas da malária em diversas regiões da Europa, incluindo Portugal, levanta alguma preocupação relativamente à possibilidade do ressurgimento desta doença em zonas do globo de onde ela foi eliminada. Acresce o facto de que o Aquecimento Global, relativamente ao qual não restam quaisquer dúvidas, poderá facilitar a migração de vetores invertebrados de diversas doenças, incluindo a malária, para estas regiões, aumentando, na opinião de alguns, a probabilidade daquele ressurgimento.

Ao longo desta palestra, procurará dar-se uma perspetiva geral da infeção por parasitas *Plasmodium* e da doença a eles associada, bem como dos progressos realizados no combate a esta doença. Discutir-se-á ainda a possibilidade do regresso da malária autóctone a Portugal, à luz dos conhecimentos atuais sobre esta questão. Por fim, o palestrante dará a sua opinião pessoal sobre esta matéria, contextualizando-a de acordo com esses conhecimentos.



Albino J. Oliveira Maia

Diretor, Unidade de Neuropsiquiatria Centro Clínico
Champalimaud Fundação Champalimaud
Group Leader Champalimaud Research Fundação
Champalimaud
Professor Auxiliar Convidado NOVA Medical School
Universidade Nova de Lisboa

Eixos abdómen-cérebro e recompensa alimentar pós-ingestiva na saúde e na doença

A alimentação é um dos mais relevantes estímulos na organização do comportamento. Na verdade, a capacidade de obter alimentos do meio ambiente é fundamental para a sobrevivência, e depende da escolha das fontes alimentares que suprem as necessidades homeostáticas, assim como da seleção das ações que levam até elas. Para resolver esse problema, contamos não só com as informações sensoriais geralmente disponíveis para guiar qualquer tipo de comportamento, mas também com informações específicas obtidas diretamente dos alimentos. Essas informações são compostas por sinais sensoriais pré-ingestivos, de que o mais representativo é o sabor do alimento, mas também por sinais pós-ingestivos, como detecção de nutrientes no intestino e as alterações metabólicas resultantes da absorção de nutrientes. Apesar destes componentes pós-ingestivos parecerem ser fundamentais, os mecanismos e consequências da sua detecção são ainda mal conhecidos (1).

As experiências de condicionamento com nutrientes têm permitido algumas das demonstrações mais claras da importância dos mecanismos pós-ingestivos. Principalmente com recurso a modelos animais, e nomeadamente em roedores, foi possível demonstrar o desenvolvimento de preferências por sabores anteriormente emparelhados com a administração de soluções de alto teor calórico, diretamente no trato gastrointestinal (2). Admite-se, por isso, que o sabor dos alimentos poderá fornecer, pela aprendizagem, uma estimativa rápida do seu potencial impacto nutricional, o que destaca a importância da sinalização pós-ingestiva na formação das preferências alimentares. Em trabalho inicial que desenvolvi nesta área, trabalhamos com ratinhos geneticamente modificados por forma a não sentir o sabor doce. Demonstramos que, mesmo na ausência de estimulação orosensorial, a estimulação pós-ingestiva com açúcar é suficiente para condicionar a preferência pelo consumo de água do lado da caixa de comportamento onde anteriormente os animais foram expostos a soluções açucaradas (3). Este achado foi verificado também em ratos condicionados com administração endovenosa de glicose (4) e, em ambos os estudos,

demonstrou-se a libertação de dopamina em áreas ventrais do estriado mediante a estimulação digestiva ou vascular com açúcares. Confirmamos assim que a estimulação pós-ingestiva pode influenciar as decisões alimentares, mesmo na ausência de estimulação oral e gustativa explícita, atuando através de mecanismos neurobiológicos reconhecidos de processamento da recompensa.

Considerando estes resultados iniciais, sugerindo efeitos diretos da estimulação pós-ingestiva sobre o comportamento, desenvolvemos um novo paradigma de condicionamento instrumental, envolvendo o mesmo tipo de estímulos. Demonstramos que, em animais previamente treinados a carregar uma alavanca para obter água, a administração intra-gástrica de açúcar foi suficiente, por si só, para sustentar e até aumentar estes comportamentos, que se extinguíram noutros animais treinados com adoçantes artificiais. Neste trabalho reforçamos ainda os nossos achados prévios de ativação dopaminérgica demonstrando, com recurso a mini-microscopia cerebral *in-vivo*, que a estimulação pós-ingestiva com sacarose estimula a atividade de neurónios dopaminérgicos da área tegmental ventral, aonde tem origem a maior projeção dopaminérgica para o estriado ventral. Com particular significado mecanístico, demonstramos ainda que a perturbação da atividade destes neurónios impede o condicionamento instrumental pós-ingestivo (5). Neste mesmo trabalho, exploramos a relevância mecanística do ramo hepático do nervo vago para este tipo de condicionamento. O interesse nesta estrutura resultou dos nossos achados prévios com administração endovenosa de glicose, que se mostrou particularmente eficaz para condicionamento pós-ingestivo quando administrada na veia porta-hepática, sugerindo a relevância de processos sensoriais centrados no fígado (4). De forma consistente com esses achados iniciais, descrevemos agora que a secção do ramo hepático do nervo vago atenua de forma expressiva tanto o condicionamento instrumental pós-ingestivo, como o efeito de açúcar intra-gástrico na atividade de neurónios dopaminérgicos da área tegmental ventral (5).

Os achados descritos acima sustentam a hipótese de que a estimulação pós-ingestiva calórica, podendo ter impacto explícito sobre o valor subjetivo de estímulos que lhe estejam associados, terá também impacto direto na estimulação das ações efetuadas para obter essas recompensas, possivelmente de uma forma implícita. A avaliação mais direta de efeitos explícitos deste tipo de estimulação exige o desenvolvimento de experiências em modelo humano, dada a possibilidade de aplicação de instrumentos para avaliação subjetiva da agradabilidade alimentar. Por outro lado, os estudos em humanos terão a vantagem adicional de facilitar o desenvolvimento de experiências relevantes no âmbito da saúde humana. Por este motivo, temos neste momento em curso trabalhos para avaliar o condicionamento sabor-nutriente em humanos. Os resultados preliminares obtidos são consistentes com condicionamento de ações e decisões para obter estímulos associados com estimulação pós-ingestiva, mas não com a modificação da sua agradabilidade expressa em termos subjetivos, sustentando os achados obtidos anteriormente em roedores (3, 4). Por outro lado, dados obtidos em doentes de um centro bariátrico são sugestivos de um aumento do condicionamento pós-ingestivo em doentes pré-cirúrgicos com obesidade, que reduz após a cirurgia bariátrica, não se distinguindo já do observado em pessoas saudáveis.

Nos estudos feitos com condicionamento sabor-nutriente em humanos, fizemos também, em alguns participantes, a avaliação do sistema dopaminérgico central, com recurso a técnicas de medicina nuclear (tomografia computadorizada com emissão de fóton único, ou SPECT no acrónimo em inglês). Utilizando um marcador para recetores dopaminérgicos do tipo D2 (DD2IR no acrónimo para dopamine D2-like receptors) confirmamos a associação entre obesidade e redução da marcação de DD2IR no estriado, já descrita em estudos anteriores. Apesar de não serem evidentes associações gerais entre DD2IR e o condicionamento pós-ingestivo, em análises exploratórias essas associações foram encontradas no grupo de doentes tratados com bypass gástrico, sugerindo um potencial papel para o condicionamento pós-ingestivo, possivelmente mediado por mecanismos dopaminérgicos, nos efeitos desta cirurgia. Uma melhor compreensão do condicionamento pós-ingestivo de ações em humanos, seja da sua fisiologia normal, seja da sua eventual participação em mecanismos fisiopatológicos, irá exigir o desenvolvimento de métodos mais precisos para o seu estudo. O trabalho em curso no laboratório de Neuropsiquiatria, financiado pelo European Research Council, pretende permitir exatamente isso, por forma a testar também em humanos a fisiologia cerebral e periférica deste processo, e melhor compreender a sua contribuição para as decisões alimentares, nomeadamente no contexto da obesidade.



Célia Manaia

Vice-presidente da SPM

Escola Superior de Biotecnologia, UCP

O Livro Digital: Comunicação de Ciência em Microbiologia

Em 17 de Setembro de 2019, por ocasião do Dia Internacional do Microrganismo, a Sociedade Portuguesa de Microbiologia lançava a 1ª edição do Concurso “Comunicação de ciência em microbiologia”. Neste concurso, o desafio lançado aos concorrentes é o de, através de uma imagem apelativa, perceptível mesmo para um não-especialista, dar a conhecer os microrganismos e as suas capacidades. As imagens, sempre acompanhadas de um texto explicativo, destinam-se a um público alvo, integrado em uma de duas categorias - adultos (geral) ou crianças (júnior).

O concurso, à data com três edições, tem contado com um júri composto por microbiólogos e por especialistas em comunicação a quem tem cabido a difícil tarefa de escolher as imagens e os textos que melhor combinam criatividade, qualidade e rigor científico, e clareza.

Além dos primeiros prémios em cada categoria, entregues em Dezembro de cada ano, vários outros trabalhos têm merecido o reconhecimento do júri. A juntar à divulgação através da publicação no sítio de internet da Sociedade Portuguesa de Microbiologia, a produção de um livro digital foi outra forma de dar o devido reconhecimento a estes trabalhos.

Ao fim de apenas três edições do concurso, consegui reunir-se um conjunto de trabalhos que cumpriam critérios de qualidade e originalidade exigidos para se poder produzir um livro digital. De modo a garantir que a simplicidade e componente lúdica da mensagem não comprometia o seu rigor científico, a preparação do livro contou com uma comissão científica responsável pela revisão de textos e imagens.



Capa do livro com imagem de Patrícia Noronha (IBET).

Este livro digital, que nos fala sobre temas tão diversos e complexos como microbiomas, biorrefinarias, vacinas anti-COVID, cervejas, resistência a antibióticos ou cáries dentárias, para além de muitos outros, resulta do trabalho de uma grande equipa - os participantes no concurso, o júri multidisciplinar, a comissão científica e o editor gráfico. Confiamos que contribuirá para alcançar dois grandes objetivos. Nos leitores, espera-se que incentive a querer saber mais sobre esses seres fantásticos que são os micróbios! Nos investigadores, espera-se que cultive o gosto de comunicar, de forma simples, concisa e rigorosa, os muitos segredos que os micróbios encerram.