

Biodiversidade, as Biotecnologias e a procura de uma nova Bioeconomia

Ricardo Lagoa, Joaquim Rui Rodrigues

Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Instituto Politécnico de Leiria

ESTG-Instituto Politécnico de
Leiria, Campus 2

Morro do Lena – Alto do Vieiro,
2411-901 Leiria, Portugal

ricardo.lagoa@ipleiria.pt

Palavras-chave

Recursos biológicos

Biodiversidade molecular

Serviços dos ecossistemas

Extinção de espécies

Compostos naturais

Biotecnologia ambiental

Ensino das Ciências

Todos os organismos dependem da biodiversidade no planeta, mas as comunidades humanas mais complexas correm o risco de desvalorizar essa relação. A evolução da afirmação da consciência ambiental e do desafio da sustentabilidade tem sido marcada neste século pelo ideal de uma nova bioeconomia baseada no conhecimento e em processos biotecnológicos que permitam uma exploração racional dos recursos naturais.

Neste trabalho são apresentados conceitos essenciais sobre diversidade biológica e seus diferentes níveis, e as várias formas como contribui para as sociedades e vida humana. São sintetizados alguns indicadores e discutidas as principais causas da presente crise de biodiversidade, assim como o seu potencial impacto em atividades humanas como a produção alimentar.

No contexto dos variados campos de intervenção das biotecnologias atuais, procura-se evidenciar como a biodiversidade é a matéria-prima para todos os desenvolvimentos biotecnológicos, sem deixar de referir algumas das preocupações que têm sido levantadas na dinâmica do novo paradigma bioeconómico.

Introdução

A diversidade biológica do planeta foi sempre o suporte para a vida humana, fornecendo os bens e serviços dos quais dependemos. Se nos séculos XIX e XX as revoluções científicas e industriais criaram alguma ilusão de independência do Homem relativamente ao mundo natural, o final do século passado foi marcado pela evidência da necessidade de articular os avanços tecnológicos e económicos com um desenvolvimento sustentável do ponto de vista ambiental, social e ético. Hoje vemos novas formas de interação do Homem com a Natureza, designadamente nos hábitos alimentares, no lazer e turismo, na arquitetura, na ciência e na tecnologia; e o desafio do desenvolvimento sustentável baseado em recursos naturais renováveis vai tomando a forma de uma nova bioeconomia. Nova bioeconomia porque continua a ser baseada (existe alternativa?) nos recursos naturais, incluindo na biodiversidade, mas prevê-se que explore de modo mais intensivo as potencialidades das novas

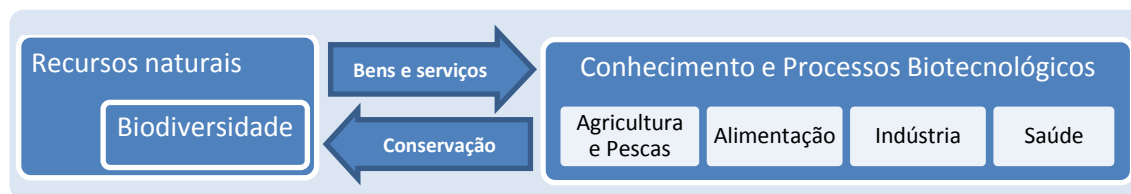


Figura 1 – Idealização de uma nova bioeconomia baseada no conhecimento e utilização racional dos bens e serviços suportados por recursos naturais renováveis.

biotecnologias, e espera-se que a proteção dos recursos do planeta seja agora também um objetivo principal (Fig. 1).

Pode-se dizer que a procura dum novo paradigma bioeconómico já começou nos anos 60 e 70 do século XX, décadas em que um conjunto de acontecimentos começam a criar uma nova perspectiva dos efeitos da sociedade e da tecnologia no ambiente (Tabela I). Em simultâneo, a penetração da biotecnologia na sociedade e na economia aumentou na “era pós-antibióticos” (Scragg, 1999) com grandes desenvolvimentos na produção de biomoléculas diversas, aplicações enzimáticas e bioprocessos em grande escala (Tabela I).

Tabela I – Alguns acontecimentos nas décadas de 60 e 70 do século XX associados ao desenvolvimento duma nova consciência ambiental, energética e estímulo das biotecnologias.

- A identificação da causa da Doença de Minamata em 1959 não impede que nas décadas seguintes os habitantes da localidade de Minamata, Japão, continuassem expostos a elevados níveis de metilmercúrio produzidos por indústrias locais, que terão provocado mais de 1700 vítimas mortais;
- O livro Primavera Silenciosa de Rachel Carson, denunciando os efeitos prejudiciais do uso indiscriminado dos pesticidas no ambiente, é publicado em 1962, e estimula a discussão sobre os problemas ambientais e a ação do Homem sobre o mundo natural;
- São tomadas importantes medidas de política ambiental nos Estados Unidos da América (legislação geral em 1969 e 1977, agência de proteção ambiental em 1970);
- Os conflitos no médio-orientes causam a redução do fornecimento de petróleo aos países ocidentais (primeira crise do petróleo, 1973, e outros momentos) e alertam para a dependência energética;
- Um acidente numa indústria perto de Milão expõe populações residenciais a dioxinas, milhares de animais morrem, muitas pessoas sofrem lesões na pele e efeitos a longo prazo mal conhecidos (acidente de Seveso, 1976);
- A revista científica *Journal of Biochemical and Microbiological Technology and Engineering* (de 1959) passa a chamar-se *Biotechnology and Bioengineering* (em 1962), uma das mais reputadas revistas científicas em Biologia e Medicina;
- As preocupações com o crescimento populacional e a segurança alimentar levam ao desenvolvimento de processos de produção de microrganismos para alimentação (algas, leveduras, bactérias; proteína de origem unicelular);
- Ocorrem avanços nos processos de tratamento anaeróbio de efluentes com produção de biogás (biocombustível metano) e produção de polissacarídeos (polímeros) bacterianos como o xantano;
- O programa de produção de etanol, por via fermentativa a partir de cana-de-açúcar, e utilização como combustível automóvel no Brasil tem início em 1975.

Hoje, o conhecimento biológico e ambiental, aliado às capacidades da biotecnologia em diferentes sectores, é visto como uma fonte de inovação e de renovação socioeconómica. O papel da biodiversidade para a manutenção do Homem na Terra é inquestionável e é um dos suportes da biotecnologia e desta nova bioeconomia.

O que é a biodiversidade?

Biodiversidade ou diversidade biológica refere-se à variedade da vida na Terra. É a variedade dentro e entre todas as espécies de animais, plantas e microrganismos, e os ecossistemas nos quais elas vivem e interagem. A biodiversidade inclui os milhões de diferentes espécies que vivem no nosso planeta, assim como a variabilidade genética dentro de cada espécie. Refere-se também à multitude de ecossistemas diferentes nos quais as espécies formam comunidades únicas, interagindo umas com as outras e com o ar, a água e o solo (Swingland, 2001).

O estudo da biodiversidade assenta em dados observacionais de diferentes naturezas, podendo incluir monitorização de populações, morfologia e fisiologia dos organismos, análise molecular (ácidos nucleicos e proteínas), etc. (Fig. 2).

A biodiversidade pode ser explorada a três níveis:

- diversidade genética e molecular
- diversidade de espécies (ou taxonómica)
- diversidade de ecossistemas.

A **diversidade genética** refere-se à variedade de genes encontrados em cada espécie. Considera-se que os genes contêm a informação necessária para toda a vida no planeta. São transmitidos dos progenitores à descendência e contêm a informação que mantém o funcionamento das células e determina as características físicas e bioquímicas de cada organismo. Cada espécie é constituída por indivíduos que possuem a sua própria composição genética particular. Dentro de uma espécie podem também existir populações ou grupos com determinados genes distintos (subespécies, variedades ou estirpes). Para preservar a diversidade genética dentro de uma espécie, é necessário conservar diferentes populações dessa espécie. Desta forma, protege-se a diversidade genética que permite a adaptabilidade dos organismos a alterações ambientais e que é, por isso, vital para a sobrevivência da espécie. A variedade genética pode ser enquadrada no conceito de **biodiversidade molecular** que diz

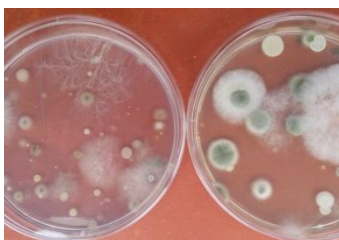


Figura 2 – Uma aproximação à biodiversidade microbiana no ar. A placa da esquerda tem um meio de cultura geral e a da direita um meio mais propício para fungos. Ambos os meios foram expostos ao ar e após alguns dias é possível observar colónias com diferentes morfologias. Talvez algum destes microrganismos produza uma enzima que degrada poluentes tóxicos ou um antibiótico ainda por descobrir!

respeito à variedade de constituintes e processos moleculares encontrados nas células e organismos, como sejam as proteínas, os ácidos nucleicos, os lípidos, as vias metabólicas (de produção de energia e de biossíntese), os mecanismos de regulação genética, etc. Como exemplos, lembremo-nos que alguns lípidos só se encontram em bactérias, e que proteínas como a insulina ou a hemoglobina não são idênticas no Homem e no cão. Uma parte da diversidade metabólica dos microrganismos é explorada há muito pelo Homem na produção do pão (fermentação alcoólica) e do iogurte (fermentação láctica).

A **diversidade de espécies** é a forma de biodiversidade mais fácil de entender e refere-se à variedade de espécies no planeta ou numa região. A diversidade numa região depende de vários fatores com uma relação complexa e não bem compreendida. A diversidade de espécies não está distribuída de forma homogênea pelo mundo ou continentes, havendo áreas (*hotspots*) que mantêm um elevado número de espécies e por isso têm um valor acrescido do ponto de vista de conservação.

Todas as espécies dependem de outras espécies para sobreviver. Em cada ecossistema (desertos, florestas, lagos, rios, etc.) os organismos vivos, incluindo o Homem, interagem uns com os outros e com a água, o ar e o solo. A **diversidade de ecossistemas** refere-se à variedade de ecossistemas num determinado local. Em qualquer ambiente (paisagem) ou região mais extensa existe um mosaico de ecossistemas interconectados. Para conservar a biodiversidade, a conservação ao nível do ecossistema (paisagem) é essencial. Permite a proteção de um conjunto representativo de ecossistemas interatuantes e todas as espécies e diversidade molecular que lhe estão associadas.

Importância da biodiversidade

A maioria das espécies no planeta ainda está pouco estudada ou simplesmente por descobrir. Além dos cerca de 2 milhões de espécies já conhecidas (GBIF, 2016), aceita-se que possam existir 10 ou 100 vezes mais espécies por descobrir. Apesar de termos uma noção da enorme diversidade biológica na Terra, estamos a atravessar uma crise de biodiversidade, com espécies a desaparecer a uma velocidade comparável à das grandes extinções em massa na história do planeta.

No entanto, cada vez existem mais razões para procurar compreender e preservar a diversidade biológica. Acima de tudo, cada espécie é única na sua combinação de história evolutiva e papel ecológico, pelo que, no seu conjunto, é um **recurso global** de valor incalculável, como uma biblioteca contendo o legado da Vida.

A diversidade biológica tem **atribuições culturais e estéticas** se nos lembrarmos que sociedades e indivíduos valorizam elementos biológicos como sendo impressionantes,



Figura 3 – A biodiversidade tem funções culturais, estéticas, espirituais, educacionais e de recreio. Causam deslumbramento ou excitação no lazer e entretenimento, como em documentários sobre a Natureza ou em passeios pedestres.

bonitos ou inspiradores (Fig. 3). Algumas espécies representam tradições e história cultural, simbolizando tipos de culinária (pimenta chili), países (canguru) ou certos grupos como clubes desportivos (águia, leão).

A continuidade da Vida no seu conjunto depende da biodiversidade de espécies (e genética) capazes de desempenhar diferentes papéis e em diferentes circunstâncias (**resiliência ecológica**). É fácil compreender que a recuperação de uma floresta depois de um incêndio depende da presença de diversas espécies capazes de se adaptarem ao dano causado e de restaurarem o ambiente. Esta função da biodiversidade não é só relevante na Natureza, é também essencial para o Homem, por exemplo na agricultura (Fig. 4). Quando dependemos apenas de um ou de poucos tipos de culturas, o nosso fornecimento alimentar torna-se vulnerável a doenças, infestações e ao clima. A falta de diversidade genética das batatas contribuiu para a famosa Grande Fome da Irlanda (meados séc. XIX), durante a qual a variedade consumida pela população foi devastada por uma praga. Hoje, é reconhecida a importância da diversidade biológica para a segurança alimentar das populações. Quanto mais espécies estiverem disponíveis, mais provável será que algumas se adaptem a novas ameaças, distúrbios ambientais ou às necessidades humanas.

As populações humanas beneficiam muito dos ecossistemas em bom funcionamento. Hoje em dia, chamam-se a esses benefícios os **serviços ambientais ou dos ecossistemas**. Dependemos dos ecossistemas naturais para purificar a água e o ar, prevenir a erosão do solo, estruturar a paisagem, decompor resíduos, entre outros serviços. Estes benefícios aumentam com a diversidade dos sistemas biológicos envolvidos. São muitos os exemplos: as pescas dependem da diversidade no mar para as populações de peixes serem suficientemente robustas e garantirem uma fonte sustentável de alimentos selvagens; a diversidade e abundância dos ecossistemas



Figura 4 – As explorações agrícolas (e florestais) em regime de monocultura promovem uma elevada homogeneidade genética, ou seja, um empobrecimento da variedade de genes disponíveis. A consequente redução na capacidade de sobrevivência e adaptação dificulta o melhoramento e seleção de espécies.

naturais permitem o aparecimento de espécies polinizadoras selvagens que também polinizam culturas agrícolas; não sabemos exatamente quantos organismos e microrganismos participarão no complexo processo de depuração de efluentes descarregados num rio, mas é um serviço precioso para as populações.

São também muitos os exemplos de produtos e inovações importantes para o Homem que originalmente vieram de outras espécies. Muitos **fármacos e compostos bioativos** de interesse medicinal, assim como muitas **soluções biotecnológicas**, são produzidos por, foram descobertas em, ou dependem de alguma forma de fungos, bactérias e outros organismos (temas desenvolvidos mais à frente). Os processos naturais e biológicos são também fontes de ideias para dispositivos médicos e diversas invenções industriais (**biomimética**). À medida que se estudam mais organismos e processos, mais soluções são propostas para problemas médicos, científicos e de engenharia.

A Tabela II apresenta os bens e serviços fornecidos às populações humanas pelos ecossistemas. É ainda de referir o aspeto **filosófico ou ético** da conservação da biodiversidade. Se considerarmos que os seres vivos não-humanos têm um valor intrínseco, independentemente da sua utilidade para o Homem, do ponto de vista de conservação, temos a responsabilidade de proteger as outras espécies que existem no nosso planeta.

Perda de biodiversidade

A perda de biodiversidade ameaça os nossos recursos alimentares, possibilidades de recreio e turismo, fontes de madeira, medicamentos e energia. E, claro, interfere com funções ecológicas essenciais.

É o conjunto de interações entre os vários componentes da biodiversidade que torna o planeta habitável para todas as espécies, incluindo o Homem. É a grande rede da Vida, interligada e interdependente. A nossa saúde, assim como a saúde da economia e das sociedades humanas, dependem do fornecimento contínuo dos diversos serviços ambientais que seriam muito custosos ou impossíveis de substituir (Tabela II).

Tabela II – Bens e serviços fornecidos pelos ecossistemas.

- Fornecimento de alimento, combustível e fibras (ex. algodão, papel)	- Fertilidade do solo, ciclo de nutrientes
- Fornecimento de abrigo e materiais de construção	- Polinização de plantas
- Purificação do ar e água	- Controlo de doenças e pragas
- Destoxificação e decomposição de resíduos	- Conservação de recursos genéticos necessários para variedades agrícolas, raças pecuárias, fármacos e outros produtos, atuais e futuros
- Regulação do clima da Terra	- Benefícios culturais e estéticos
- Moderação de inundações, secas e da força do vento	- Capacidade para adaptação à mudança

A biodiversidade que temos hoje resulta de 3,5 mil milhões de anos de evolução, moldada por processos naturais e, cada vez mais, pela ação do Homem. Infelizmente, devido à sobre-exploração dos recursos naturais, ao desenvolvimento não-sustentável das sociedades humanas e às conseqüentes perturbações do ambiente, o planeta atravessa uma crise de biodiversidade e degradação dos ecossistemas naturais (Tabela III).

Note-se que quando se fala em perda de biodiversidade refere-se essencialmente às espécies de organismos superiores (plantas e animais) e ecossistemas, porque não conseguimos ainda avaliar a biodiversidade total. É possível até que a biodiversidade total esteja a aumentar, dependendo da grande desconhecida que é a diversidade microbiana, mas a redução nos ecossistemas e em espécies animais e vegetais é bastante clara (Tabela III).

As principais **ameaças à diversidade biológica** são bem conhecidas e estão listadas na Fig. 5. No caso da floresta em Portugal, a propagação das espécies invasoras eucalipto e acácia é dos problemas mais graves (Paiva, sem data). Mas, à escala global, a **destruição de habitats**, como florestas e zonas húmidas, é o principal risco e tem um efeito multiplicador na perda de biodiversidade. Na origem da diminuição de habitats estão a desflorestação, a agricultura em grandes áreas/monocultura e a degradação dos solos. As florestas são habitat da maioria dos organismos terrestres conhecidos e no século passado foram perdidas grandes áreas. Apesar de alguma recuperação global, a floresta tropical continua a diminuir. Outros habitats de biodiversidade incalculável como sejam os recifes de coral e zonas húmidas costeiras (manguezais) são muito vulneráveis e têm sofrido importantes reduções.

A **desflorestação** (destruição intensiva dos habitats florestais) resulta maioritariamente da exploração de madeira, conversão em áreas agrícolas, incêndios e poluição atmosférica (chuvas ácidas). E tem um grande impacto na biodiversidade pois as florestas são abrigo e fonte de alimento para uma enorme variedade de seres vivos que vivem sob a cobertura arbórea: aves, insectos, mamíferos, plantas de diferentes tipos e microrganismos, nas árvores e no solo.

Tabela III – Indicadores e estimativas da crise de biodiversidade em curso no planeta (CBD, sem data; UE, 2011 e outras fontes).

- | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none">- A velocidade atual de extinção de espécies é 1000 vezes superior à taxa natural;- Aproximadamente 30 000 espécies de plantas e 5000 de animais (mais de 20% das espécies de aves) enfrentam a extinção;- Aproximadamente 30% das raças pecuárias estão em risco de extinção;- Aproximadamente 45% das florestas foram perdidas, maioritariamente no século XX;- Mais de metade dos biomas terrestres sofreu reduções de área por conversão em terrenos agrícolas;- Entre 10 e 20% dos recifes de coral foram perdidos. |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

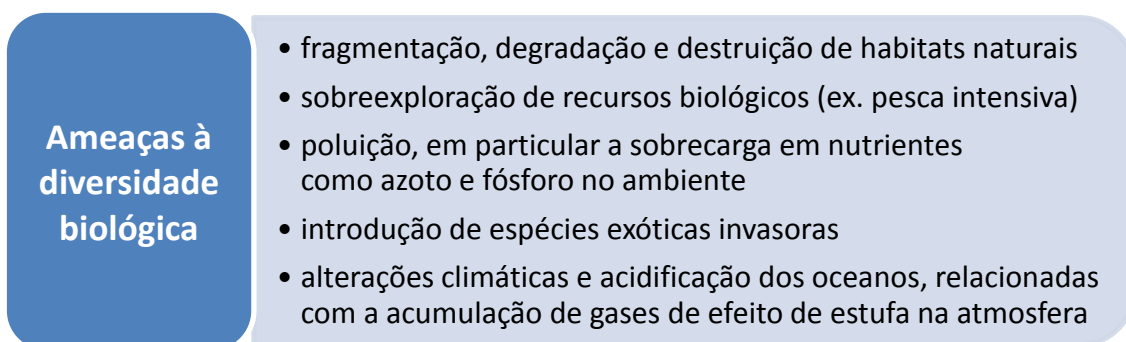


Figura 5 – As principais causas da perda de biodiversidade no planeta (CBD, 2014).

A **agricultura** para fins puramente comerciais, muitas vezes explorando grandes áreas e em regime de monocultura, faz uso de um número limitado de espécies e subespécies, o que pode constituir um risco para o ambiente mas também para a própria agricultura (Fig. 4). Além disso, o uso intensivo de fertilizantes e de pesticidas afeta a biodiversidade e as características físico-químicas dos solos e águas. Os possíveis prejuízos da atividade agrícola aumentam com a exploração intensiva da fertilidade dos solos e dos recursos de água, excessiva mecanização, não-rotação de culturas e ausência de períodos de descanso do solo que permitam alguma vida selvagem. As práticas incorretas de agricultura, pastoreio e exploração florestal, juntamente com os incêndios florestais, são as principais causas de **degradação ou erosão dos solos**.

Biodiversidade e as biotecnologias

A biotecnologia pode ser apresentada como a aplicação de organismos, sistemas ou processos biológicos em atividades de produção ou serviços. Não se trata de uma ciência e não pode ser vista realmente como um tema único. Na sua essência, a biotecnologia é uma abordagem multidisciplinar, combinando tópicos de bioquímica, microbiologia, biologia celular e engenharia no sentido de desenvolver aplicações práticas de complexidade diversa. E são muitas as aplicações de natureza biotecnológica desenvolvidas e em desenvolvimento, na saúde e investigação médica, na agricultura e alimentação, na proteção ambiental e em diferentes sectores industriais (Tabela IV).

Neste texto não se pretende abordar o extenso mundo atual da biotecnologia, mas apenas realçar como o seu contributo para a bioeconomia depende diretamente da biodiversidade conhecida no planeta. Um dos campos de desenvolvimento biotecnológico em que esta relação se torna evidente é o da investigação de novos fármacos e compostos bioativos para fins medicinais. Todos conhecemos a penicilina (Fig. 6) e existem muitos outros fármacos e compostos com atividade biológica que foram descobertos em plantas, fungos e bactérias. Em especial as plantas têm sido

Tabela IV – Os campos de intervenção da biotecnologia moderna são muito variados e uma forma de sistematização que tem sido usada é a classificação por cores (adaptado de Machado, 2008).

Biotecnologia Verde	Aplicações na agricultura, alimentação e ambiente, incluindo organismos geneticamente modificados, alimentos funcionais, tecnologias de proteção ambiental, bioremediação e biofertilizantes.
Biotecnologia Vermelha	Aplicações na medicina e saúde. Inclui o diagnóstico e tratamento de doenças, a investigação de anticorpos, vacinas, terapia genética e novos sistemas de administração de fármacos.
Biotecnologia Preta	Biotecnologia aplicada às armas biológicas e bioquímicas e ao bioterrorismo.
Biotecnologia Azul	Biotecnologia aplicada à aquicultura e exploração do mar. Inclui a descoberta de novos compostos químicos e novas fontes de biomassa.
Biotecnologia Branca	Biotecnologia industrial, incluindo o uso de células e enzimas para a produção de diferentes produtos como vitaminas, aminoácidos, polímeros, proteínas, etc.

fontes relevantes de compostos protótipos para o desenvolvimento de fármacos mais eficientes, e espera-se que originem ainda muitos outros no futuro (Atansov e outros, 2015). É o caso de compostos que se encontram em ervas medicinais, produtos da medicina tradicional com bioatividade e composição ainda a ser estudada (Fig. 7).

Neste contexto, a conservação das espécies de plantas que são potenciais fontes de produtos farmacológicos tem um elevado interesse, mas é também de realçar a importância da diversidade dos processos celulares de síntese dos compostos (biodiversidade molecular) e que podem ser usados por via biotecnológica para produzir o composto noutra organismo, eventualmente de forma mais económica, ou para modificar a sua estrutura química para maior eficácia ou menor toxicidade.

De modo semelhante, a biodiversidade de espécies e molecular é um dos suportes essenciais para a concretização do potencial da biotecnologia nos campos da agricultura e alimentação, na indústria e no ambiente (Fonseca e Madeira Lopes, 2002).

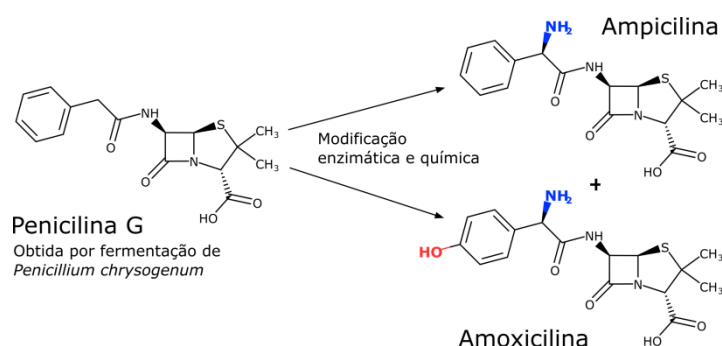


Figura 6 – A penicilina foi descoberta acidentalmente por Alexander Fleming (1928) quando observou que um bolor que contaminava uma placa de Petri estava a matar a bactéria que cultivava. Hoje em dia, são conhecidas várias penicilinas naturais, a partir das quais são sintetizados antibióticos de valor terapêutico superior, como a ampicilina e a amoxicilina (as diferenças relativamente à penicilina G são evidenciadas em cor azul e vermelho).

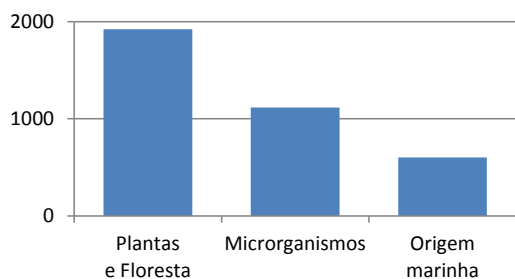


Figura 7 – Comparação do número de publicações científicas estudando compostos naturais bioativos de interesse medicinal ou farmacológico com diferentes origens. Os dados resultam da pesquisa na base de dados Scopus de trabalhos publicados nos últimos 5 anos contendo as seguintes palavras no título ou resumo: *natural AND compound AND (bioactive* OR pharmacolog*)* e palavras específicas para cada grupo ou origem.

Importa ainda mencionar que a **biotecnologia ambiental** deverá continuar a contribuir por sua vez também para a conservação da biodiversidade (Fig. 1). A aplicação da biotecnologia aos problemas ambientais, excluindo aqui a produção de biocombustíveis, desenvolve-se de quatro modos:

- monitorização e avaliação biológica da poluição e toxicidade ambiental;
- reciclagem e redução dos resíduos (sejam resíduos sólidos, efluentes líquidos ou gasosos) em tratamentos de fim-de-linha quando a produção do resíduo não pode ser evitada;
- descontaminação (bioremediação) de locais contaminados;
- substituição de processos de produção tradicionais por “tecnologias limpas” que geram menos resíduos e/ou consomem menos energia.

Espera-se que estas vertentes da biotecnologia ambiental, crescentemente apoiadas no conhecimento de mais microrganismos e na engenharia genética, contribuam de maneira determinante para a preservação dos recursos naturais do planeta, incluindo a diversidade biológica que a suporta.

Uma nova bioeconomia com base no conhecimento?

Como referido atrás, a consciência dos riscos ambientais e energéticos das sociedades modernas (desde os anos 60 e 70 do século XX), a exigência dum desenvolvimento sustentável e o potencial da biotecnologia atual permitem configurar uma nova bioeconomia, sujeita a diferentes forças impulsionadoras (Horlings e Marsden, 2011). Muitos países e regiões do mundo indicam a economia de base biológica e/ou as capacidades biotecnológicas entre as suas prioridades de investimento e estratégia política.

Na Europa, a Estratégia Bioeconómica aponta para a utilização de recursos biológicos renováveis e sua conversão em produtos de base biológica e bioenergia (UE, 2012). Com uma especial atenção à investigação, à tecnologia e aos mercados bioeconómicos, a Estratégia procura uma economia mais inovadora e hipocarbónica

que concilie as necessidades em termos de agricultura e pescas sustentáveis, segurança alimentar e utilização sustentável dos recursos biológicos para fins industriais, garantindo simultaneamente a proteção da biodiversidade e do ambiente. Este plano deve ver-se em articulação com a Estratégia para a Biodiversidade, a valorização dos serviços dos ecossistemas e as recentes medidas relativas à economia circular (UE, 2011 e 2015).

Como é conveniente, a construção desta nova bioeconomia tem sido acompanhada por reflexão e discussão do novo paradigma que se vai desenvolvendo de diferentes formas ao longo do tempo e em diferentes regiões do planeta. Uma das questões mais mediáticas é a do uso de plantas transgênicas (geneticamente modificadas) na agricultura, que continua a suscitar receios relativamente aos efeitos no ambiente e na saúde e ao controlo das patentes das sementes.

Outra preocupação importante diz respeito ao estímulo das bioenergias com utilização de biomassa para biocombustíveis. Estas opções energéticas são vistas como forma de substituir os combustíveis fósseis e tentar diminuir as emissões (totais) de gases de efeito de estufa. No entanto, a elevada procura de madeira, produtos agrícolas e biomassa vegetal, especialmente por parte de países da Europa e América do Norte, causa perturbações na produção alimentar e agro-florestal, maioritariamente em países do hemisfério sul. Aquelas energias alternativas acabam por promover a desflorestação e a agricultura competitiva em grandes extensões, muitas vezes de monocultura, com os impactos no ambiente e biodiversidade referidos atrás.

Para a construção de uma nova bioeconomia apoiada no conhecimento, são necessários investimentos abundantes ou focalizados em temas de investigação em ciências naturais e biotecnologia, os quais não são possíveis em todos os países ou regiões. Os investimentos em investigação com o objetivo de servir a competitividade económica representam uma penetração mais profunda dos interesses financeiros em campos da ciência tradicionalmente encarados de interesse geral, podendo criar mais limites à liberdade de circulação do saber e sua utilização para fins coletivos (Garcia, 2006). Esta discussão pode enquadrar-se noutra mais ampla, a do papel da Ciência e dos cientistas, incluindo dos professores de ciências, na sociedade (ver por exemplo Kroto, 2003).

A educação desempenha um papel crucial na evolução pacífica das sociedades. Não deixa de ser exemplificativo que sejam instituições de ensino a desenvolver projetos como o atual que procuram, interrogam e cultivam novos caminhos para o futuro.

Referências bibliográficas

- Atanasov, A. e outros (2015) Discovery and resupply of pharmacologically active plant-derived natural products: A review, *Biotechnology Advances*, 33(8), 1582–1614
- CBD, Convenção sobre a Diversidade Biológica: Secretariat of CBD, Global Biodiversity Outlook 4 (2014); e outra informação diversa em <https://www.cbd.int>
- Fonseca, A. e Madeira Lopes, A., Biodiversidade, em *Biotecnologia* (coord. N. Lima e M. Mota), Lidel, 2002
- Garcia, J.L. (2006) Biotecnologia e biocapitalismo global, *Análise Social*, vol. XLI (181), 981-1009
- GBIF, Global Biodiversity Information Facility, GBIF Backbone Taxonomy, acedido via <http://www.gbif.org/dataset/d7dddbf4-2cf0-4f39-9b2a-bb099caae36c> em 11-05-2016 (nó português em <http://www.gbif.pt>)
- Horlings, I. e Marsden, T. (2011) Rumo ao desenvolvimento espacial sustentável? Explorando as implicações da nova bioeconomia no setor agroalimentar e na inovação regional, *Sociologias* (Porto Alegre), ano 13 (27), 142-178
- Kroto, H., Ciência: um peão redondo num mundo quadrado, em *Fronteiras da Ciência: desenvolvimentos recentes, desafios futuros* (coord. Rui Fausto, Carlos Fiolhais e João Filipe Queiró), Gradiva/Imprensa da Universidade de Coimbra, 2003 (capítulo 1, prefácio e outros capítulos)
- Paiva, J., A Biodiversidade e a história da Floresta Portuguesa, Centro de Ecologia Funcional, Universidade de Coimbra (sem data)
- Machado, A. (2008) Da génese do termo Química Verde às colorações discrepantes da Química e da Biotecnologia, *Química*, 108, 43-46
- Scragg, A., *Environmental Biotechnology*, Pearson Education, 1999
- Swingland, I.R., Definition of Biodiversity, em *Encyclopedia of Biodiversity*, p. 377-391, Academic Press, San Diego, 2001
- UE, União Europeia: COM244 - Our life insurance, our natural capital, an EU biodiversity strategy to 2020 (2011); COM60 - Inovação para um Crescimento Sustentável: Bioeconomia Europa (2012); COM614 - Closing the loop, An EU action plan for the Circular Economy (2015); e outra informação diversa em <http://ec.europa.eu>

R. Lagoa e J.R. Rodrigues, “Biodiversidade, as Biotecnologias e a procura de uma nova Bioeconomia”, em *Guia pedagógico da Floresta* (Cap. 2), editado por: Colégio Senhor dos Milagres e Fundação Ilídio Pinho, p. 7-18, Milagres-Leiria, Portugal, 2016
