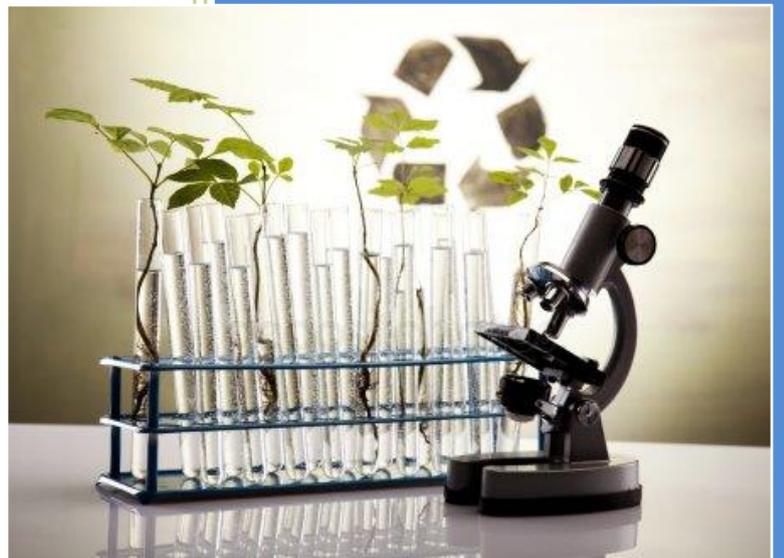


# Biologia



## Biologia

Biologia é a ciência que estuda a vida e os organismos vivos. A biologia está dividida em vários campos especializados que abrangem a morfologia, fisiologia, anatomia, comportamento, origem, evolução e distribuição da matéria viva, além dos processos vitais e das relações entre os seres vivos. As subdisciplinas da biologia são definidas pela escala em que a vida é estudada, os tipos de organismos estudados e os métodos utilizados para estudá-los: a bioquímica examina a química rudimentar da vida; a biologia molecular estuda as interações complexas entre as moléculas biológicas; a biologia celular examina o bloco básico de construção de toda a vida, a célula; a fisiologia examina as funções físicas e químicas dos tecidos, órgãos e sistemas de órgãos; a ecologia examina como os organismos interagem em seu ambiente; e a biologia evolutiva examina os processos evolutivos que provavelmente produziram a diversidade da vida. Apesar do amplo escopo e da complexidade da ciência, existem certos conceitos unificadores que o consolidam em um único campo coerente. Geralmente, a biologia reconhece a célula como a unidade básica da vida, os genes como a unidade básica da hereditariedade, e a evolução como o motor que impulsiona a criação de novas espécies.

A vida, em relação às células, é estudada pela biologia celular, biologia molecular, bioquímica e genética molecular; enquanto, à escala multicelular, é estudada pela fisiologia, anatomia e histologia.[6] A biologia do desenvolvimento estuda o processo pelo qual os organismos crescem e se desenvolvem, e a ontogenia (ou ontogênese), o desenvolvimento de um indivíduo desde a concepção até a maturidade.

### Subdivisões

A biologia é atualmente dividida em várias subdivisões, ramos, ou subdisciplinas, todas voltadas ao estudo das particularidades da ciência. Elas são conhecidas no meio acadêmico por ciências biológicas, pois lidam com o estudo de certas áreas ou de uma área específica da biologia. São divididas em:

Biofisiologia – o mesmo que fisiologia.

Biologia celular (ou citologia) – estuda a morfologia, o desenvolvimento e as funções das células e dos componentes celulares.

Biologia evolucionária (ou Evolução) – estuda a origem e descendência das espécies a partir da teoria da evolução, bem como sua mudança através do tempo; teoria segundo a qual as espécies se modificam ao longo do tempo graças à ação das mutações e da seleção natural.

Biologia humana – estuda o funcionamento do corpo humano, como os órgãos e sistemas desempenham suas funções e como ocorre a integração dos vários órgãos e sistemas; fisiologia humana.

Biologia marinha – estuda a vida marinha, animais e plantas, e suas relações ecológicas.

Biologia molecular – estuda as interações bioquímicas celulares envolvidas na duplicação do material genético e na síntese proteica.

Biosistemática – o mesmo que sistemática.

Botânica – estuda o reino vegetal e se divide em grandes áreas de estudo, como a fisiologia, morfologia e a sistemática vegetais, subdivididas em vários ramos especializados.

Ecologia – estuda as relações dos seres vivos entre si ou com o meio orgânico ou inorgânico no qual vivem.

Fisiologia – estudo das funções e do funcionamento normal dos seres vivos, especialmente dos processos físico-químicos que ocorrem nas células, tecidos, órgãos e sistemas dos seres vivos sadios; biofisiologia.

Fisiologia humana – o mesmo que biologia humana.

Genética – estuda a hereditariedade, bem como a estrutura e das funções dos genes. Subdivide-se em:

Genética clássica (ou genética mendeliana) – dentro da genética clássica os genes são a unidade fundamental da hereditariedade.

Genética moderna – (ou genética pós-mendeliana) dentro da genética moderna os genes são partículas de DNA que codificam proteínas.

Genética molecular – estuda a estrutura e função dos genes a nível molecular e seus métodos de emprego tanto na biologia molecular, quanto na genética.

Medicina – estuda a prevenção, cura, ou tratamento de doenças, traumatismos e afecções, bem como à manutenção da saúde.

Anatomia – estuda a forma e da estrutura dos diferentes elementos constituintes corporais dos seres vivos.

Farmacologia – estuda as propriedades químicas dos medicamentos e suas respectivas classificações.

Histologia – disciplina que realiza estudos da estrutura microscópica, composição e função dos tecidos vivos.

Toxicologia – estuda a composição química e os efeitos das substâncias tóxicas e dos venenos, bem como o diagnóstico e o tratamento das intoxicações e dos envenenamentos.

Microbiologia – estuda os microorganismos patogênicos, responsáveis pelas doenças infecciosas. Engloba:

Bacteriologia – estuda as bactérias e suas propriedades por diversos métodos (por exemplo, observação microscópica, coloração, cultura).

Micetologista – o mesmo que micologia.

Micologia – estuda os fungos; micetologia.

Virologia – estuda os vírus.

Micologia – estudo dos fungos.

Nutrição

Parasitologia – estuda os parasitas animais e vegetais e a relação entre parasita e hospedeiro; ramo da parasitologia, ecologia ou zoologia] que estuda especificamente os vermes endoparasitas.

Patologia – estuda a natureza das doenças e suas causas, processos, desenvolvimento e consequências.

Sistemática – classifica os seres vivos através do estudo comparativo de suas características, aspectos e fenômenos morfológicos, fisiológicos, genéticos e evolutivos com o objetivo de reconstruir seu histórico evolucionário a partir das relações e afinidades entre os diversos grupos de espécies; biosistemática.

Zoologia – estudo dos animais e da vida animal, incluindo o sua estrutura, fisiologia, desenvolvimento e classificação trata dos animais e da vida animal, incluindo sua estrutura, fisiologia, desenvolvimento e classificação:

Carcinologia –

Entomologia – estuda os insetos.

Etologia – estudo comportamento animal.

Helmintologia

Herpetologia – estudo dos répteis e anfíbios.

Ictiologia – estudo dos peixes.

Mamalogia – estudo dos mamíferos.

Malacologia –

Mastozoologia –

Mirmecologia –

Ornitologia – estudo dos pássaros.

Primatologia – estudo dos primatas.

Subdivisões interdisciplinares

Biofísica – ou física biológica, é uma ciência interdisciplinar que aplica as teorias e os métodos das ciências físicas às questões da biologia.

Bioquímica – estuda a estrutura e função de componentes celulares, como as proteínas, carboidratos, lipídios, ácidos nucleicos e outras biomoléculas, suas funções e transformações durante o processo de vida.

Bioclimatologia – estuda a influência do clima sobre os organismos.

Bioengenharia – ou engenharia biológica, lida com processos biológicos e moleculares, design de produtos, sustentabilidade e análise de sistemas biológicos.

Biogeografia – ciência que tenta descrever a mudança de distribuições e padrões geográficos da vida e espécies fósseis de plantas e animais.

Bioinformática – tecnologia da informação aplicada às ciências da vida, especialmente a tecnologia utilizada para a coleta, armazenamento e recuperação de dados genômicos.

Biomedicina – intermédio entre biologia e medicina.

Biomatemática – ou biologia matemática, é um campo interdisciplinar de estudo acadêmico que visa modelar processos naturais, biológicos usando técnicas e ferramentas matemáticas. Possui tanto aplicações práticas, quanto teóricas na pesquisa biológica.

Biônica – subdisciplina da biofísica e da bioquímica, voltada à aplicação dos conhecimentos da biologia na solução de problemas de engenharia.

Biotecnologia – ciência aplicada que se preocupa com sistemas biológicos, organismos vivos ou seus derivados, a fazer ou modificar produtos ou processos para uso específico.

Bioética – estudo dos problemas e implicações morais despertados pelas pesquisas científicas em biologia e medicina.

Geobiologia – combina geologia e biólogos a fim de estudar as interações de organismos com seu ambiente.

Etnobiologia – estuda as interações humanas passadas e presentes com o meio ambiente, por exemplo, o uso de flora e fauna diversas por sociedades indígenas.

Neurobiologia – subdisciplina tanto da biologia, quanto da neurociência que estuda as células do sistema nervoso e a organização delas dentro de circuitos funcionais que processam a informação e medeiam o comportamento.

Paleontologia – estuda as formas de vida existentes em períodos geológicos passados, a partir dos seus fósseis. Subdivisões conceituais:

Biocronologia – estudo da flora e da fauna características de cada um dos períodos geológicos.

Paleobiologia – estuda os organismos do passado geológico da Terra, com base nas informações contidas nos registros fósseis.

Tafonomia – estudo da transição de restos, peças ou produtos de organismos, na biosfera para a litosfera, criando assembleias de fósseis.

Psicobiologia – estuda o funcionamento mental e o comportamento em relação a outros processos biológicos.

Outras subdivisões

Agricultura – ciência e prática de produção de culturas e gado a partir dos recursos naturais da terra.

Astrobiologia – o mesmo que exobiologia.

Biologia computacional –

Biologia de conservação – estudo e esquemas de preservação do habitat e proteção de espécies com o objetivo de aliviar a crise de extinção e conservar a biodiversidade.

Biologia de sistemas – ou biologia sistêmica, é um campo que objetiva entender sistemas no "nível de sistemas" através de análises de dados biológicos usando técnicas computacionais.

Biologia do solo – estuda os organismos (vegetais ou animais) que vivem no solo e suas relações entre si.

Biologia química – estuda os efeitos de pequenas moléculas em processos biológicos.

Criobiologia – estuda os efeitos de baixas temperaturas em organismos vivos.

Cronobiologia – estuda os fenômenos relacionados ao tempo em organismos vivos.

Exobiologia – estuda como ambientes extraterrenos podem afetar organismos vivos e também as possibilidades da existência de vida extraterrena; astrobiologia.

Hidrobiologia – estuda a vida em ambientes aquáticos.

Imunobiologia – o mesmo que imunologia.

Imunologia – estuda a estrutura e função do sistema imunológico, imunidade inata e adquirida, distinção corporal e técnicas laboratoriais envolvendo a interação de antígenos com anticorpos específicos.

Morfologia (biológica) –

Protistologia – estuda os seres protistas.

Radiobiologia – estuda os efeitos da luz e das radiações ultravioleta e ionizantes sobre os organismos ou tecidos vivos.

### **Diversidade e evolução dos organismos**

A biologia evolutiva ocupa-se da origem e descendência de entidades biológicas (espécies, populações ou mesmo genes), bem como da sua modificação ao longo do tempo, ou seja, da sua evolução. É uma área heterogénea onde trabalham investigadores oriundos das mais variadas disciplinas taxonómicas, tais como a mamalogia, a ornitologia e a herpetologia, que usam o seu conhecimento sobre esses organismos para responder a questões gerais de evolução. Inclui ainda os paleontólogos que estudam fósseis para responder a questões acerca do modo e do tempo da evolução, e teóricos de áreas como a genética populacional[39] e a teoria evolutiva. Na década de 1990, a biologia do desenvolvimento recuperou o seu papel na biologia evolutiva após a sua exclusão inicial da síntese moderna. Áreas como a filogenia, a sistemática e a taxonomia estão relacionadas com a biologia evolutiva e são por vezes consideradas parte desta.

As duas grandes disciplinas da taxonomia são a botânica e a zoologia. A botânica ocupa-se do estudo das plantas e abrange um vasto leque de disciplinas que estudam o seu crescimento, reprodução, metabolismo, desenvolvimento, doenças e evolução.

A zoologia ocupa-se do estudo dos animais, incluindo aspectos como a sua fisiologia, anatomia e embriologia. Tanto a botânica como a zoologia se

dividem em disciplinas menores especializadas em grupos particulares de animais e plantas. A taxonomia inclui outras disciplinas que se ocupam doutros organismos além das plantas e dos animais, como, por exemplo, a micologia, que estuda os fungos. Os mecanismos genéticos e de desenvolvimento partilhados por todos os organismos são estudados pela biologia molecular, pela genética molecular e pela biologia do desenvolvimento.

### **Classificação da vida**

O sistema de classificação dominante é conhecido como taxonomia lineana, que inclui conceitos como a estruturação em níveis e a nomenclatura binomial. A atribuição de nomes científicos a organismos é regulada por acordos internacionais como o Código Internacional de Nomenclatura Botânica (ICBN), o Código Internacional de Nomenclatura Zoológica (ICZN), e o Código Internacional de Nomenclatura Bacteriana (ICNB). Um esboço dum código único foi publicado em 1997 numa tentativa de uniformizar a nomenclatura nas três áreas, mas que parece não ter sido ainda adoptado formalmente. O Código Internacional de Classificação e Nomenclatura de Vírus (ICVCN) não foi incluído neste esforço de uniformização.

#### **Interações entre organismos**

A ecologia estuda a distribuição e a abundância dos organismos vivos, e as interações dos organismos entre si e com o seu ambiente.[29] O ambiente de um organismo inclui não só o seu habitat, que pode ser descrito como a soma dos fatores abióticos locais tais como o clima e a geologia, mas também pelos outros organismos com quem partilha o seu habitat. Os sistemas ecológicos são estudados a diferentes níveis, do individual e populacional ao do ecossistema e da biosfera. A ecologia é uma ciência multidisciplinar, recorrendo a vários outros domínios científicos.

A etologia estuda o comportamento animal (com particular ênfase nos animais sociais como os primatas e os canídeos) e é por vezes considerada um ramo da zoologia. Uma preocupação particular dos etólogos prende-se com a evolução do comportamento e a sua compreensão em termos da teoria da seleção natural. De certo modo, o primeiro etólogo moderno foi Charles Darwin, cujo livro *The expression of the emotions in animals and* influenciou muitos etólogos

### **Estrutura da vida**

A biologia molecular é o estudo da biologia ao nível molecular, sobrepondo-se em grande parte com outras áreas da biologia, nomeadamente a genética e a bioquímica. Ocupa-se essencialmente das interações entre os vários sistemas celulares, incluindo a correlação entre DNA, RNA e a síntese proteica, e de como estas interações são reguladas.

A biologia celular estuda as propriedades fisiológicas das células, bem como o seu comportamento, interações e ambiente, tanto ao nível microscópico como molecular. Ocupa-se tanto de organismos unicelulares como as bactérias, como de células especializadas em organismos multicelulares como as dos humanos.

Compreender a composição e o funcionamento das células é essencial para todas as ciências biológicas. Avaliar as semelhanças e as diferenças entre os diferentes tipos de células é particularmente importante para estas duas disciplinas, e é a partir destas semelhanças e diferenças fundamentais que emerge um padrão unificador que permite que os princípios deduzidos a partir dum tipo de célula sejam extrapolados e generalizados para outros tipos de célula.

A genética é a ciência dos genes, da hereditariedade e da variação entre organismos. Na investigação moderna, providencia ferramentas importantes para o estudo da função dum gene particular e para a análise de interações genéticas. Nos organismos, a informação genética normalmente está nos cromossomas, mais concretamente, na estrutura química de cada uma das moléculas de DNA.

Os genes codificam a informação necessária para a síntese de proteínas que, por sua vez, desempenham um papel essencial, se bem que longe de absoluto, na determinação do fenótipo do organismo.

A biologia do desenvolvimento estuda o processo pelo qual os organismos crescem e se desenvolvem. Confinada originalmente à embriologia,[33][34] nos nossos dias estuda o controle genético do crescimento e diferenciação celular e da morfogênese, o processo que dá origem aos tecidos, órgãos e à anatomia em geral. Entre as espécies privilegiadas nestes estudos encontram-se o nemátode *Caenorhabditis elegans*, a mosca-do-azeite *Drosophila melanogaster*, o peixe-zebra *Brachydanio rerio* ou *Danio rerio*, o camundongo *Mus musculus*, e a erva *Arabidopsis thaliana*.

### Fisiologia dos organismos

A fisiologia estuda os processos mecânicos, físicos e bioquímicos dos organismos vivos, tentando compreender como as várias estruturas funcionam como um todo. É tradicionalmente dividida em fisiologia vegetal e fisiologia animal, mas os princípios da fisiologia são universais, independentemente

do organismo estudado. Por exemplo, informação acerca da fisiologia dum célula de levedura também se aplica a células humanas, e o mesmo conjunto de técnicas e métodos é aplicado à fisiologia humana ou à de outras espécies, animais e vegetais.

A anatomia é uma parte importante da fisiologia e estuda a forma como funcionam e interagem os vários sistemas dum organismo, como, por exemplo, os sistemas nervoso, imunitário, endócrino, respiratório e circulatório. O estudo destes sistemas é partilhado com disciplinas da medicina como a neurologia, a imunologia e afins.

Biologia é a ciência responsável pelo estudo da vida: desde o seu surgimento, composição e constituição até a sua história evolutiva, aspectos comportamentais e relação com outros organismos e com o ambiente.

Assim, a Biologia tem como objeto de estudo os seres vivos. Tais organismos diferenciam-se dos demais por serem constituídos, predominantemente, de moléculas de carbono, oxigênio, hidrogênio e nitrogênio e por apresentarem constituição celular, necessidade de se nutrirem, capacidade reprodutiva e de reação a estímulos.

→ Os Reinos Estudados na Biologia

Os seres vivos são classificados em grupos menores, de acordo com suas características principais. No sistema de cinco reinos, um dos mais amplamente utilizados, eles são divididos assim:

Reino Monera, que abriga indivíduos unicelulares, procarióticos. No sistema de oito reinos, seus representantes estão divididos no Reino Archaea e Reino Bacteria;

Reino Protocista, que reúne os protozoários e algas unicelulares. No sistema de oito reinos, seus representantes estão divididos nos Reinos Archezoa, Protista e Chromista;

Reino Plantae, que abriga as plantas: organismos multicelulares fotossintetizantes;

Reino Fungi, que abriga organismos unicelulares, ou filamentosos, e heterotróficos;

Reino Animalia, que abriga organismos multicelulares e heterotróficos.

A biologia é a ciência que estuda a vida e os seres vivos. Por isso, é de extrema importância para o entendimento de como funciona o nosso ecossistema, para assim, preservá-lo e garantir novas vidas no planeta.

Além disso, a biologia tem participação desde os primórdios, a partir do momento que tenta explicar os fenômenos ligados à sua origem da vida. Por ser uma área muito ampla, os estudos deste ramo se torna aprofundado com temas relevantes em todos os aspectos.

Presente em nosso cotidiano, a biologia é capaz de influenciar em nossas atitudes e a forma como enxergamos o mundo.

Os estudos que remetem a essa área do conhecimento, quando se tem uma visão holística, se torna mais fácil de entender os processos e ser mais coerente com a realidade que nos cerca.

O que é Citologia:

Citologia, atualmente designada Biologia Celular, é a ciência que estuda a estrutura, a composição e a fisiologia das células, através das membranas celulares, do citoesqueleto, das organelas citoplasmáticas e dos componentes nucleares.

A palavra "citologia" vem do grego, onde kytos = célula e logos = estudo.

A Citologia é um dos ramos das ciências naturais e a sua história está intimamente relacionada com o advento do microscópio.

O nome célula foi utilizado pela primeira vez em 1665, pelo cientista inglês Robert Hooke em 1665, ao fazer a primeira observação de células em fragmento de cortiça.

A Citologia (Biologia Celular) progrediu substancialmente no último século graças ao aumento do poder de resolução dos instrumentos de análises, desenvolvimento de novas tecnologias e à convergência da citologia com a Genética (Citogenética), Fisiologia (Fisiologia Celular), Bioquímica (Citoquímica), Imunologia (Imunocitoquímica), entre outras ciências.

Praticamente todas as transformações funcionais e físico-químicas do organismo têm lugar na arquitetura molecular da célula, pelo que o conhecimento da sua organização submicroscópica ou ultra-estrutural é de interesse fundamental.

O descobrimento de sequências de aminoácidos, estruturas e disposição tridimensional da molécula, os estudos sobre enzimas, o modelo molecular do DNA, fizeram da Citologia um dos ramos mais importantes das ciências biológicas, tornando-se muito importante para a Genética, Bioquímica e Patologia.

Atualmente, pode-se afirmar que a citologia estuda os problemas celulares em todos os seus níveis, começando pela organização molecular.

### Teoria Celular

Theodor Schwann, em 1839, conclui que todos os seres vivos são formados de células e estabelece, juntamente com o botânico Schleiden, a Teoria Celular, que afirma que todos os seres vivos, animais, vegetais ou protozoários são constituídos, sem exceção, por células e produtos celulares. A teoria também estabeleceu que cada célula é proveniente de outra célula.

## Citologia

Citologia é o ramo da biologia que estuda as células no que diz respeito à sua estrutura, suas funções e sua importância na complexidade dos seres vivos. Com a invenção do Microscópio óptico foi possível observar estruturas nunca antes vistas pelo homem, as células. Essas estruturas foram mais bem estudadas com a utilização de técnicas de cito química e o auxílio fundamental do microscópio eletrônico.

O termo célula (do grego kytos = cela; do latim cella = espaço vazio), foi usado pela primeira vez por Robert Hooke, para descrever suas investigações sobre a constituição da cortiça analisada através de lentes de aumento. A teoria celular, porém, só foi formulada em 1839 por Schleiden e Schwann, onde concluíram que todo ser vivo é constituído por unidades fundamentais: as células. Assim, desenvolveu-se a citologia (ciência que estuda as células), importante ramo da Biologia. As células provêm de outras preexistentes. As reações metabólicas do organismo ocorrem nas células.

A biologia celular ou citologia é uma importante área da ciência que estuda as estruturas celulares e suas funções no organismo, sejam dos animais ou dos seres humanos. Essa ciência teve um grande avanço com a descoberta do microscópio óptico em 1590 por Hans Janssen e sua posterior utilização para observar estruturas celulares microscópicas por Antonie Van Leeuwenhoek.

A citologia estuda os componentes da célula e suas funções dentro desse microrganismo, entre as estruturas celulares mais comuns das células podemos citar a membrana citoplasmática, as mitocôndrias, o complexo de Golgi, retículo endoplasmático, lisossomos, o núcleo entre outros. Vale ressaltar que algumas estruturas celulares existem apenas em determinados tipos de células como, por exemplo, os cloroplastos, predominantes em células vegetais.

#### Importância

A importância da citologia baseia-se no conhecimento das diversas estruturas celulares existentes, bem como a interação entre elas, isso inclui o mapeamento das funções das células do corpo humano e de microrganismos que podem ou não serem patógenos. Esse conhecimento permite criar medicamentos que estimulem determinadas funções celulares de combate a esses invasores.

A citologia também assume importância na medida em que as técnicas de engenharia genética se desenvolvem, permitindo a criação de novos medicamentos, tratamento de doenças congênitas, melhoramento genético de animais e plantas e um mapeamento mais preciso sobre as tendências patológicas de acordo com o desenvolvimento celular.

## **Teoria Celular**

O estabelecimento da Teoria Celular foi possível graças ao desenvolvimento da microscopia.

A Teoria Celular apresenta postulados importantes para o estudo da Citologia:

Todos os seres vivos são constituídos por células;

As atividades essenciais que caracterizam a vida ocorrem no interior das células;

Novas células se formam pela divisão de células preexistentes através da divisão celular;

A célula é a menor unidade da vida.

#### Tipos de Células

As células podem ser divididas em dois tipos: as procariontes e eucariontes.

## Procariontes

A principal característica da célula procarionte é a ausência de carioteca delimitando o núcleo celular. O núcleo da célula procarionte não é individualizado.

As células procariontes são as mais primitivas e possuem estruturas celulares mais simples. Esse tipo celular pode ser encontrado nas bactérias.

## Eucariontes

As células eucariontes são mais complexas. Essas possuem carioteca individualizando o núcleo, além de vários tipos de organelas.

Como exemplos de células eucariontes estão as células animais e as células vegetais.

As células eucariontes apresentam partes morfológicas diferenciadas. As partes principais da célula são: membrana plasmática, citoplasma e núcleo celular.

## Membrana Plasmática

A membrana plasmática ou membrana celular é uma estrutura celular fina e porosa. Ela possui a função de proteger as estruturas celulares ao servir de envoltório para todas as células.

A membrana plasmática atua como um filtro, permitindo a passagem de substâncias pequenas e impedindo ou dificultando a passagem de substâncias de grande porte. A essa condição damos o nome de Permeabilidade Seletiva.

Saiba mais sobre a Membrana Plasmática.

## Citoplasma

O citoplasma é a porção mais volumosa da célula, onde são encontradas as organelas celulares.

O citoplasma das células eucariontes e procariontes é preenchido por uma matriz viscosa e semitransparente, o hialoplasma ou citosol.

As organelas são pequenos órgãos da célula. Cada organela desempenha uma função diferente.

Saiba quais são as Organelas Celulares:

**Mitocôndrias:** Sua função é realizar a respiração celular, que produz a maior parte da energia utilizada nas funções celulares.

Retículo Endoplasmático: Existem 2 tipos de retículo endoplasmático, o liso e o rugoso.

O retículo endoplasmático liso é responsável pela produção de lipídios que irão compor as membranas celulares.

O retículo endoplasmático rugoso tem como função realizar a síntese proteica.

Complexo de Golgi: As principais funções do complexo de golgi são modificar, armazenar e exportar proteínas sintetizadas no retículo endoplasmático rugoso. Ele também origina os lisossomos e os acrossomos dos espermatozoides.

Lisossomos: São responsáveis pela digestão intracelular. Essas organelas atuam como sacos de enzimas digestivas, digerindo nutrientes e destruindo substâncias não desejadas.

Ribossomos: A função dos ribossomos é auxiliar a síntese de proteínas nas células.

Peroxisomos: A função dos peroxissomos é a oxidação de ácidos graxos para a síntese de colesterol e respiração celular.

## **O que são Seres Vivos**

Tudo o que existe na natureza chamamos de seres, que são as coisas que a compõe.

Os seres vivos são aqueles que nascem, crescem, se reproduzem e morrem, como os animais (inclusive o homem), fungos, plantas, algas, protozoários e bactérias.

Os seres não vivos são aqueles inanimados, que não possuem vida, mas que também são da natureza, como o ar, a água, o solo e as pedras.

Existem ainda os objetos criados pelo homem, que não são vivos, como os carros, as roupas, os computadores, os brinquedos e vários outros.

Os seres vivos precisam dos seres não vivos: a água não tem vida, porém quem mora na água possui vida, como os peixes e as plantas aquáticas. Do mesmo modo, a terra não possui vida, mas as plantas necessitam dela e da água para nascer e viver. O ar também não possui vida, mas homens e animais precisam dele para sobreviver, bem como da água e da terra.

O que é um ser vivo?

O que é biologia?

Para compreender o que é um ser vivo, é necessário entender o funcionamento e os processos evolutivos que atuam em um determinado organismo.

As aulas de Biologia para o Ensino Médio são utilizadas pelos professores para preparar aulas e pelos alunos para estudar para provas e para fazer trabalhos.

Desta forma, o aluno pode escolher que tipo de aula deseja estudar: extensa ou resumida.

Introdução à Biologia

Citologia

Embriologia Animal

Anatomia e Fisiologia

Percepção Sensorial

Reprodução e Desenvolvimento

Sistema Nervoso

Sistema Imunitário

Homeostase

Nutrição e Digestão

A Respiração

A Circulação

A Excreção

Proteção, suporte e movimento

Sistema Endócrino

Seres Vivos

Classificação dos seres vivos

Reino Monera

Reino Protista

Reino Fungi

Reino Vegetal

Reino Animal

Saúde

Genética

Evolução

Ecologia

Meio Ambiente

## **Classificação dos Seres Vivos**

A sistemática é a ciência dedicada a inventariar e descrever a biodiversidade e compreender as relações filogenéticas entre os organismos.

Inclui a taxonomia (ciência da descoberta, descrição e classificação das espécies e grupo de espécies, com suas normas e princípios) e também a filogenia (relações evolutivas entre os organismos). Em geral, diz-se que compreende a classificação dos diversos organismos vivos. Em biologia, os sistematas são os cientistas que classificam as espécies em outros táxons a fim de definir o modo como eles se relacionam evolutivamente.

O objetivo da classificação dos seres vivos, chamada taxonomia, foi inicialmente o de organizar as plantas e animais conhecidos em categorias que pudessem ser referidas. Posteriormente a classificação passou a respeitar as relações evolutivas entre organismos, organização mais natural do que a baseada apenas em características externas.

Para isso se utilizam também características ecológicas, fisiológicas, e todas as outras que estiverem disponíveis para os táxons em questão. é a esse conjunto de investigações a respeito dos táxons que se dá o nome de Sistemática. Nos últimos anos têm sido tentadas classificações baseadas na semelhança entre genomas, com grandes avanços em algumas áreas, especialmente quando se juntam a essas informações aquelas oriundas dos outros campos da Biologia.

A classificação dos seres vivos é parte da sistemática, ciência que estuda as relações entre organismos, e que inclui a coleta, preservação e estudo de espécimes, e a análise dos dados vindos de várias áreas de pesquisa biológica.

O primeiro sistema de classificação foi o de Aristóteles no século IV a.C., que ordenou os animais pelo tipo de reprodução e por terem ou não sangue vermelho. O seu discípulo Teofrasto classificou as plantas por seu uso e forma de cultivo.

Nos séculos XVII e XVIII os botânicos e zoólogos começaram a delinear o atual sistema de categorias, ainda baseados em características anatômicas superficiais. No entanto, como a ancestralidade comum pode ser a causa de tais semelhanças, este sistema demonstrou aproximar-se da natureza, e continua sendo a base da classificação atual. Lineu fez o primeiro trabalho extenso de categorização, em 1758, criando a hierarquia atual.

A partir de Darwin a evolução passou a ser considerada como paradigma central da Biologia, e com isso evidências da paleontologia sobre formas ancestrais, e da embriologia sobre semelhanças nos primeiros estágios de vida. No século XX, a genética e a fisiologia tornaram-se importantes na classificação, como o uso recente da genética molecular na comparação de códigos genéticos. Programas de computador específicos são usados na análise matemática dos dados.

Em fevereiro de 2005 Edward Osborne Wilson, professor aposentado da Universidade de Harvard, onde cunhou o termo biodiversidade e participou da fundação da sociobiologia, ao defender um "projeto genoma" da biodiversidade da Terra, propôs a criação de uma base de dados digital com fotos detalhadas de todas as espécies vivas e a finalização do projeto Árvore da vida. Em contraposição a uma sistemática baseada na biologia celular e molecular, Wilson vê a necessidade da sistemática descritiva para preservar a biodiversidade.

Do ponto de vista econômico, defendem Wilson, Peter Raven e Dan Brooks, a sistemática pode trazer conhecimentos úteis na biotecnologia, e na contenção de doenças emergentes. Mais da metade das espécies do planeta é parasita, e a maioria delas ainda é desconhecida.

De acordo com a classificação vigente as espécies descritas são agrupadas em gêneros. Os gêneros são reunidos, se tiverem algumas características em comum, formando uma família. Famílias, por sua vez, são agrupadas em uma ordem. Ordens são reunidas em uma classe. Classes de seres vivos são reunidas em filos. E os filos são, finalmente, componentes de alguns dos cinco reinos (Monera, Protista, Fungi, Plantae e Animalia).

## As Categorias Taxonômicas

No sistema de classificação biológica são usadas as categorias para agrupar os organismos segundo as suas semelhanças. A categoria básica é a espécie, que se define como os seres semelhantes que são capazes de se reproduzir naturalmente e gerar descendentes férteis.

Animais da mesma espécie são reunidos em outra categoria, o gênero. Todos que pertencem ao mesmo gênero são agrupados em famílias, que são agrupadas em ordens, que por sua vez se reúnem em classes, reunidas em filos e por fim temos os reinos. Os Reinos são portanto a última categoria na hierarquia e se subdividem até chegar à espécie, categoria mais básica. Então, temos:

Reino ⇒ Filo ⇒ Classe ⇒ Ordem ⇒ Família ⇒ Gênero ⇒ Espécie

Como se Classificam as Espécies?

Um animal pode ser conhecido por diversos nomes em regiões diferentes, entretanto, para facilitar a identificação dos animais, a nomenclatura científica é adotada internacionalmente. Lineu desenvolveu em 1735 a nomenclatura binomial, composta por dois nomes, cujo primeiro é escrito em letra maiúscula e define o gênero, e o segundo tem letra minúscula e define a espécie. Os nomes científicos devem ser escritos em latim e destacados em itálico ou grifados.

Assim, por exemplo, o nome científico do cão é *Canis familiaris*. O nome *Canis* também pode ser usado sozinho, indicando somente o gênero, sendo portanto comum aos animais que tenham relação de parentesco, nesse caso podendo ser o cão ou o lobo (*Canis lupus*) ou outro do gênero.

Reino Monera

Organismos unicelulares e procariontes, como bactérias e cianobactérias.

Reino Protista

Organismos uni ou pluricelulares e eucariontes, como protozoários e algas.

Reino Fungi

Organismos unicelulares ou pluricelulares, eucariontes e heterótrofos, como cogumelos e leveduras.

#### Reino Metaphyta (ou Plantae)

Organismos pluricelulares, eucariotos e autótrofos, como a samambaia e o pinheiro.

#### Reino Metazoa (ou Animalia)

Organismos pluricelulares, eucariotos e heterótrofos, como o ser humano.

Todos os seres vivos são formados por células, necessitam de alimento, precisam respirar, são capazes de se reproduzir e possuem uma composição química formada por substâncias orgânicas e inorgânicas.

As substâncias orgânicas são produzidas somente por seres vivos. São elas: proteínas, lipídeos, carboidratos, ácidos nucleicos e vitaminas.

As inorgânicas estão presentes na natureza e podem ser encontradas em elementos como o solo, rocha, etc. A água e os sais minerais (CA, I, Fé, Na, etc.) são excelentes exemplos deste tipo de substância.

A água tem destaque na constituição química de todos os seres vivos, ela representa de 75 a 85% de sua constituição. Ela é indispensável à vida e sua carência leva a dificuldade e, até mesmo, a impossibilidade do organismo realizar os transportes necessários ao seu equilíbrio e manutenção.

De acordo com seu tipo de célula, os seres vivos podem ser procariontes (com membrana celular, citoplasma e nucleóide) ou eucariontes (com membrana celular, citoplasma e núcleo). São seres procariontes: as bactérias, as algas azuis ou cianofícias. São eucariontes: os fungos, as plantas e os animais.

Quanto a sua classificação, os seres vivos estão atualmente divididos em cinco reinos:

1. Reino Metazoa ou Animalia : composto por organismos pluricelulares e heterótrofos (não são capazes de produzir sua própria energia). Fazem parte deste grupo: animais invertebrados, vertebrados, aves, mamíferos, inclusive o homem.

2. Reino Metaphyta ou reino Plantae: seres pluricelulares que possuem células revestidas por uma membrana de celulose e que são autótrofos (capazes de produzir sua própria energia). Fazem parte deste grupo: vegetais inferiores (algas verdes, vermelhas ou marrons), vegetais intermediários (ex. samambaia) e vegetais superiores (plantas).

3. Reino Monera: composto por organismos unicelulares (formados por uma única célula) e procariontes (células que não possuem um núcleo organizado). Fazem parte deste reino: as bactérias e algas azuis ou cianobactérias (antigamente eram consideradas como vegetais inferiores).

4. Reino Fungi: composto por seres eucariontes (núcleo organizado e individualizado) que podem ser uni ou pluricelulares. Fazem parte deste reino: os fungos elementares e os fungos superiores (antigamente eles eram classificados como vegetais inferiores).

5. Reino Protista: formado por seres unicelulares e eucariontes. Estão presentes neste reino: protozoários (giárdias, amebas, tripanossomas) e algas inferiores ou eucariontes.

Os vírus não possuem classificação definida pois passam a realizar funções vitais somente após invadir a estrutura celular, seqüestrando os componentes que a célula necessita para formar novos vírus.

### **O sistema de classificação dos seres vivos**

Atualmente o sistema que utilizamos para classificar os seres vivos obedece uma hierarquia que vai do Reino à Espécie. Dessa forma temos: Espécie – Gênero – Família – Ordem – Classe – Filo – Reino.

Ou seja, Espécies semelhantes são agrupadas em uma categoria que chamamos de Gênero. Logo, gêneros são conjuntos de espécies diferentes entre si, mas com características semelhantes entre elas. É o caso dos lobos e dos cães, que são de espécies diferentes mas pertencem ao mesmo gênero, por exemplo.

### **Reino Plantae ou Metaphyta**

As plantas são seres pluricelulares e eucariontes. Nesses aspectos elas são semelhantes aos animais e a muitos tipos de fungos; entretanto, têm uma característica que as distingue desses seres - são autotróficas. Como já vimos, seres autotróficos são aqueles que produzem o próprio alimento pelo processo da fotossíntese.

Utilizando a luz, ou seja, a energia luminosa, as plantas produzem a glicose, matéria orgânica formada a partir da água e do gás carbônico que obtêm do alimento, e liberam o gás oxigênio.

As plantas, juntamente com outros seres fotossintetizantes, são produtoras de matéria orgânica que nutre a maioria dos seres vivos da Terra, atuando na base das cadeias alimentares. Ao fornecer o gás oxigênio ao ambiente, as plantas também contribuem para a manutenção da vida dos seres que, assim como elas próprias, utilizam esse gás na respiração. As plantas conquistaram quase todos os ambientes da superfície da Terra.

Segundo a hipótese mais aceita, elas evoluíram a partir de ancestrais protistas. Provavelmente, esses ancestrais seriam tipos de algas pertencentes ao grupo dos protistas que se desenvolveram na água. Foram observadas semelhanças entre alguns tipos de clorofila que existem tanto nas algas verdes como nas plantas.

A partir dessas e de outras semelhanças, supõe-se que as algas verdes aquáticas são ancestrais diretas das plantas.

Há cerca de 500 milhões de anos, as plantas iniciaram a ocupação do ambiente terrestre. Este ambiente oferece às plantas vantagens como: maior facilidade na captação da luz, já que ela não chega às grandes profundidades da água, e facilidade da troca de gases, devido à maior concentração de gás

carbônico e gás oxigênio na atmosfera. Esses fatores são importantes no processo da respiração e da fotossíntese.

Mas e quanto a presença da água, tão necessária à vida?

Ao compararmos o ambiente terrestre com o ambiente aquático, verificamos que no terrestre a quantidade de água sob a forma líquida é bem menor e também que a maior parte dela está acumulada no interior do solo.

Como, então, as plantas sobrevivem no ambiente terrestre? Isso é possível porque elas apresentam adaptações que lhes possibilitam desenvolver no ambiente terrestre e ocupá-lo eficientemente. As plantas adaptadas ao ambiente terrestre apresentam, por exemplo, estruturas que permitem a absorção de água presente no solo e outras estruturas que impedem a perda excessiva de água. Veremos mais adiante como isso ocorre.

Devemos lembrar que alguns grupos de plantas continuaram sobrevivendo em ambiente aquático.

### **Classificação das plantas**

As plantas cobrem boa parte dos ambientes terrestres do planeta. Vistas em conjunto, como nesta foto, parecem todas iguais. Mas na realidade existem vários tipos de planta e elas ocupam os mais diversos ambientes.

O reino das plantas é constituído de organismos pluricelulares, eucariontes, autótrofos fotossintetizantes.

É necessário definir outros critérios que possibilitem a classificação das plantas para organizá-las em grupos menos abrangentes que o reino.

Em geral, os cientistas consideram como critérios importantes:

a característica da planta ser vascular ou avascular, isto é, a presença ou não de vasos condutores de água e sais minerais (seiva bruta) e matéria orgânica (a seiva elaborada);

ter ou não estruturas reprodutoras (semente, fruto e flor) ou ausência delas.

Os nomes dos grupos de plantas

Criptógama: palavra composta por cripto, que significa escondido, e gama, cujo significado está relacionado a gameta (estrutura reprodutiva). Esta palavra significa, portanto, "planta que tem estrutura reprodutiva escondida". Ou seja, sem semente.

Fanerógama: palavra composta por fanero, que significa visível, e por gama, relativo a gameta. Esta palavra significa, portanto, "planta que tem a estrutura reprodutiva visível". São plantas que possuem semente.

Gimnosperma: palavra composta por gimno, que significa descoberta, e sperma, semente. Esta palavra significa, portanto, "planta com semente a descoberto" ou "semente nua".

Angiosperma: palavra composta por angion, que significa vaso (que neste caso é o fruto) e sperma, semente. A palavra significa, "planta com semente guardada no interior do fruto".

## **Genética**

Para uma introdução ao tema mais geral e menos técnica, veja Introdução à genética.

Genética (do grego geno; fazer nascer) é a especialidade da biologia que estuda os genes, a hereditariedade e a variação dos organismos e a forma como estes transmitem as características biológicas de geração para geração. O termo genética foi primeiramente aplicado para descrever o estudo da variação e hereditariedade, pelo biólogo William Bateson[3] numa carta dirigida a Adam Sedgewick, na data de 18 de Abril de 1908.

Já no tempo da pré-história, os agricultores utilizavam conhecimentos de genética através da domesticação e do cruzamento seletivo de animais e plantas para melhorar suas espécies. Atualmente é a genética que proporciona as ferramentas necessárias para a investigação das funções dos genes, isto é, a análise das interações genéticas. No interior dos organismos, a informação genética está normalmente contida nos cromossomos, onde é representada na estrutura química da molécula de DNA o que diminui bastante o tempo de espera no cruzamento das espécies.

Os genes, em geral, codificam a informação necessária para a síntese de proteínas, no entanto, diversos tipos de gene não-codificantes de proteínas já foram identificados, como por exemplo genes precursores de microRNAs (miRNA) ou de RNAs estruturais, como os ribossômicos. As proteínas por sua vez, podem atuar como enzimas (catalisadores) ou apenas estruturalmente, estas funções são diretamente responsáveis pelo fenótipo final de um organismo. O conceito de "um gene, uma proteína" é simplista e equivocado, por exemplo: um único gene poderá produzir múltiplos produtos (diferentes

RNAs ou proteínas), dependendo de como a transcrição é regulada e como seu mRNA nascente é processado pela maquinaria de splicing.

Áreas da genética

Genética clássica

A Genética clássica consiste nas técnicas e métodos da genética, anteriores ao advento da biologia molecular. Depois da descoberta do código genético e de ferramentas de clonagem utilizando enzimas de restrição, os temas abertos à investigação científica em genética sofreram um aumento considerável. Algumas ideias da genética clássica foram abandonadas ou modificadas devido ao aumento do conhecimento trazido por descobertas de índole molecular, embora algumas ideias ainda permaneçam intactas, como a hereditariedade mendeliana. O estudo dos padrões de hereditariedade continuam ainda a ser um método muito útil no estudo de doenças genéticas, como a Neurofibromatose.

### **Genética molecular**

A genética molecular tem as suas fundações na genética clássica, mas dá um enfoque maior à estrutura e função dos genes ao nível molecular. A genética molecular emprega os métodos quer da genética clássica (como por exemplo a hibridação) quer da biologia molecular. É assim chamada para se poder distinguir de outros ramos da genética como a ecologia genética e a genética populacional. Uma de suas aplicações consiste no estudo da mutação e variação de cepas de bactérias. Uma área importante dentro da genética molecular é aquela que usa a informação molecular para determinar os padrões de descendência e daí avaliar a correta classificação científica dos organismos: chamada sistemática molecular.

O estudo das características herdadas e que não estão estritamente associadas a mudanças na sequência do DNA dá-se o nome de epigenética.

Alguns autores defendem que a vida pode ser definida, em termos moleculares, como o conjunto de estratégias que os polinucleótidos de RNA usaram e continuam a usar para perpetuar a eles próprios. Esta definição baseia-se em trabalho dirigido para conhecer a origem da vida, estando associada à hipótese do RNA.

Genética populacional, genética quantitativa e ecologia genética

A genética populacional, a genética quantitativa e a ecologia genética são ramos próximos da genética que também se baseiam nas premissas da genética clássica, suplementadas pela moderna genética molecular.

Estudam as populações de organismos retirados da natureza mas diferem de alguma maneira na escolha do aspecto do organismo que irão focar. A disciplina essencial é a genética populacional, que estuda a distribuição e as alterações das frequências dos alelos que estão sob influência das forças evolutivas: seleção natural, deriva genética, mutação e migração. É a teoria que tenta explicar fenômenos como a adaptação e a especiação.

O ramo da genética quantitativa, construído a partir da genética populacional, tenciona fazer previsões das respostas da seleção natural, tendo como ponto de partida dados fenotípicos e dados das relações entre indivíduos.

A ecologia genética é por sua vez baseada nos princípios básicos da genética populacional, mas tem o seu enfoque principal nos processos ecológicos. Enquanto que a genética molecular estuda a estrutura e função dos genes ao nível molecular, a ecologia genética estuda as populações selvagens de organismos e tenta deles recolher dados sobre aspectos ecológicos e marcadores moleculares que estes possuam.

### Genómica

A genómica é um desenvolvimento recente da genética. Estuda os padrões genéticos de larga escala que possam existir no genoma (e em todo o DNA) de uma espécie em particular. Este ramo da genética depende da existência de genomas completamente sequenciados e de ferramentas computacionais desenvolvidas pela bioinformática que permitam a análise de grandes quantidades de dados.

## **Como Dar Aulas de Biologia**

A biologia é uma das principais áreas do conhecimento científico e está relacionada a vários campos, como medicina, genética, zoologia, ecologia e políticas públicas. Por isso, pode atrair o interesse de quase qualquer estudante. Porém, para conseguir esse apelo ao ensinar a matéria, você vai ter que pensar bem sobre como abordá-la de maneira divertida e simples.

Associe a biologia ao dia a dia. Alguns estudantes sentem uma afinidade natural com a biologia, enquanto outros sequer sabem por que a matéria é importante. De qualquer forma, é ideal que todos os alunos se familiarizem com a relação dos conceitos e questões biológicos ao cotidiano. Assim, eles vão

gostar mais dessa ciência e compreender melhor o seu uso. Siga estes exemplos:

Fale sobre as novidades nas áreas da medicina, da genética (como o DNA), do meio-ambiente, do crescimento populacional e de outros temas que a biologia aborda.

Ofereça pontos extras aos alunos na forma de trabalhos sobre conceitos biológicos que eles viam em séries de televisão, filmes etc. Peça que eles expliquem as referências, que temas abordaram, e por que eles são importantes.

Fale sobre opções de carreiras que envolvam a biologia, como medicina, farmácia, conservação do meio-ambiente, saúde pública etc. Você pode até convidar profissionais dessas áreas para palestras e aulas especiais sobre os temas.

Incorpore atividades práticas à aula. Se você conseguir tornar a disciplina mais tangível, os alunos vão se interessar mais por ela. Existem várias formas de dar mais vida à biologia. Os estudantes podem, por exemplo:

Cultivar um jardim para estudar a fotossíntese.

Criar borboletas ou outros animais para entender o ciclo da vida.

Observar amostras de material genético em algum microscópio.

Examinar amostras de levedura comercial para ver suas características.

Estudar os vários tipos de células.

Incorpore recursos de multimídia à aula. Você pode deixar a disciplina muito mais interessante se variar no formato das aulas. Além dos livros didáticos, tente recorrer a vídeos, podcasts e outras mídias para explorar temas da biologia.

Encontre maneiras de conectar a biologia às tecnologias. Essa pode ser uma ótima oportunidade para que seus alunos interessados em tecnologias conheçam ainda mais do assunto. Pense em maneiras de ensino novas e interessantes e incentive os jovens a falar sobre os conceitos pelos quais se interessam. Por exemplo:

Inúmeras pesquisas interessantes já associaram o jogo eletrônico Minecraft a contextos educacionais, incluindo aulas de biologia.

Deixe os estudantes usarem as tecnologias para fazer os trabalhos da disciplina. Por exemplo: aqueles que se interessam por web design podem criar um site que ilustre um conceito biológico.

Organize passeios e visitas técnicas a locais relacionados à biologia. De vez em quando, esses passeios podem ser ótimas opções para quem quer variar e fugir da mesmice do cotidiano, além de melhorar a compreensão dos alunos. Dependendo da área onde mora e das políticas da escola, você pode organizar excursões a locais como:

Museus de ciências.

Jardins botânicos.

Zoológicos.

Fazendas e sítios.

Laboratórios de pesquisa.

Experimente métodos de ensino diferentes. Algumas técnicas são mais passivas (quando os alunos só recebem o conhecimento de seus professores), enquanto outras são ativas (quando os alunos têm mais autonomia para explorar e entender os temas da matéria); na sala de aula, há espaço para ambas. O segredo é encontrar um equilíbrio. Siga vários métodos, como:

Palestras.

Ensino cooperativo (no qual os alunos ajudem uns aos outros a estudar a matéria).

Mapas conceituais.

Rodas de discussão.

Leituras.

Atividades práticas.

Torne as aulas mais participativas. Muitas vezes, as aulas e palestras são as melhores formas de passar conteúdos aos estudantes. Contudo, tanto eles como os professores preferem que elas sejam mais interativas. Isso pode ser

difícil, caso a sala seja muito cheia, mas há algumas formas de conseguir algo legal:

Use o método socrático e faça perguntas frequentes aos alunos. Se a sala for muito cheia, nem todos vão ter a chance de falar todos os dias, mas eles vão se sentir mais envolvidos no processo.

Peça para os alunos levarem suas dúvidas prontas para a sala de aula. Assim, você vai poder saná-las e mostrar aos estudantes que eles são importantes.

Incorpore tecnologias e aplicativos às suas aulas, de modo que os alunos tenham opções mais interativas de participação e consigam entender melhor a matéria.

Se a turma for menor, reserve bastante tempo para rodas de discussão aberta. Peça para os alunos estudarem um pouco antes de falar, fazer perguntas etc.

Incorpore atividades de escrita à aula. Alguns estudantes acham que a biologia só dá importância a fatos, dados e questões de múltipla escolha. Contudo, você pode passar trabalhos escritos para que eles façam parte mais ativa do processo científico, além de poderem medir seus conhecimentos de determinados assuntos.

Você não precisa cobrar demais dos alunos. Pode muito bem ser mais tranquilo quanto às formas de avaliação. Por exemplo: no fim de cada aula, peça que eles escrevam um parágrafo sobre o que aprenderam; em vez de julgá-los e dar notas de acordo com as respostas, comece a aula seguinte discutindo esses temas.

A disciplina de Biologia, campo das ciências naturais, que estuda o comportamento dos organismos, seja de forma individual ou em seu coletivo, de acordo com os níveis de organização, tem como foco principal o estudo de cada espécie, animal ou vegetal, observada como um agente ativo e passivo integrante do meio ambiente.

Nesse sentido, a compreensão da biologia como estudo da vida, nos revela a essência de um equilíbrio envolvendo os padrões do funcionamento orgânico, (considerando a diversidade das espécies) e os fatores puramente físico-químicos. Esse último, regendo os mecanismos de existência, manutenção e propagação dos seres vivos, cada um inserido no tempo e no espaço específico.

Assim, o entendimento dos princípios biológicos pode ajudar a lidar de forma mais relacionada, à abrangência das relações harmônicas e desarmonicas quando em conjunto com o meio biótico e abiótico.

Assuntos que envolvem aspectos em escala microscópica, por exemplo, o estudo molecular do material hereditário (o DNA) e até mesmo a importância de seres tão pequenos como as bactérias, devem ser explicados atendendo a ótica minuciosa da matéria, tornando-se visíveis a todas as formas de percepção por parte do educando.

O educador, mesmo contra o tempo, carência de recursos e demais condições em oposição, precisa de forma criativa trabalhar com mais ênfase a ciência.

O que é Histologia:

Histologia é o ramo da ciência que estuda os tecidos biológicos, seja de animais ou plantas. Este ramo observa a formação, a estrutura e a função dos tecidos vivos.

Os tecidos são formados a partir da junção de várias células. Então, a análise feita para este estudo é em escala microscópica, sendo para isso necessário o uso de equipamentos que permitam a observação das células. Aliás, a histologia somente conseguiu se desenvolver após a invenção do microscópio óptico.

Como disciplina, a histologia faz parte das Ciências Biológicas e da Saúde. Na Biologia, no entanto, costuma ser subdividida de acordo com o enfoque dado ao objeto de estudo. Por exemplo, a Histologia Animal, estuda os tecidos dos animais; a Histologia Vegetal, estuda os tecidos dos vegetais; e a Histologia Humana, se destina ao estudo dos tecidos do corpo humano.

Etimologicamente, a palavra histologia se originou a partir da junção dos termos gregos *hystos*, que significa "tecido", e *logos*, que quer dizer "estudo".

Histologia humana

No organismo humano, de acordo com a divisão feita pela histologia, os tecidos são organizados em quatro grupos básicos: tecido epitelial, tecido conjuntivo, tecido muscular e tecido nervoso.

Cada um desses tecidos apresenta organização e funções particulares:

**Tecido epitelial:** células bastante próximas, servindo principalmente para revestir e proteger superfícies internas e externas do corpo. Protege o corpo contra a penetração de microrganismos e outras agressões físicas.

Tecido conjuntivo: células com espaços entre si, servindo para garantir a sustentação e conexão entre os demais tecidos e órgãos do corpo. Serve para unir e separar os órgãos.

Tecido muscular: células têm aspecto alongado. Serve para que o corpo possa se movimentar e deslocar. O tecido liso, estriado e esquelético são alguns exemplos.

Tecido nervoso: formado pelos neurônios e por neuróglia (células protetoras e de sustentação). Responsável por gerenciar todas as funções vitais do organismo.

### Histologia vegetal

Por outro lado, os tecidos vegetais são divididos em dois principais grupos: tecidos meristemáticos e tecidos adultos.

Os meristemas se caracterizam por apresentarem grande capacidade de divisão celular (mitose) e serem formados por células indiferenciadas.

A partir do desenvolvimento dos tecidos meristemáticos são formados os tecidos adultos (os tecidos permanentes da planta), que apresentam funções específicas e são divididos em: tecidos de revestimento, tecidos de preenchimento (parênquimas), tecidos de sustentação e tecidos de condução.

### Histologia

Uma secção de tecido pulmonar corado com hematoxilina e eosina. Esta pessoa sofre de enfisema.

Histologia (do grego *hystos* = tecido + *logos* = estudo) ou Biologia Tecidual é o estudo dos tecidos biológicos e dos tecidos plasmáticos de animais e plantas, sua formação, estrutura e função. É uma importante disciplina das áreas de ciências biológicas e da saúde e outras áreas correlacionadas, tais como Histofisiologia, Histoquímica, Imuno-histoquímica e Histopatologia. Em Biologia, ela ainda pode ser conceitualmente dividida em Histologia Animal, com enfoque em animais, Histologia Humana, com enfoque em seres humanos, Histologia Vegetal, com enfoque em vegetais, dentre outras.

A Histologia desenvolveu-se após a invenção do microscópio óptico. Posteriormente, com o desenvolvimento do microscópio eletrônico, entre de outros instrumentos para visualização dos tecidos, e de técnicas, por exemplo cultura de células, permitiram um grande avanço na área.

O método mais comum para estudar os tecidos é realizado por meio da preparação de lâminas histológicas. Resumidamente, tal preparação envolve processos físicos e químicos de corte, fixação, desidratação, diafazinação (ou clareamento) e coloração, os quais envolvem diversos instrumentos e compostos químicos.

## Biologia humana

O objetivo da biologia humana é estudar todos os ramos da biologia de populações humanas, incluindo genética e variação humanas, ecologia e adaptação humanas, e evolução humana.

Pesquisa a natureza, desenvolvimento e causas da variação em populações humanas, incluindo as disciplinas: genética humana, genética de populações, demografia evolutiva, auxologia, fisiologia ambiental, fisiologia do crescimento, ecologia, epidemiologia e envelhecimento.

Há uma ampla gama de disciplinas incluídas sob a rubrica de biologia humana, o que pode ser visto na diversidade dos currículos das universidades que oferecem graduação na área, e das revistas científicas especializadas no tema. É um campo interdisciplinar que envolve aspectos biológicos e sociais da origem, desenvolvimento e perspectivas da humanidade.

Do ponto de vista biológico, a espécie *Homo sapiens*, ou espécie humana, é um eucarionte multicelular, cujo desenvolvimento se processa, a partir de um embrião constituído de células totipotentes, por diferenciação em células especializadas. Durante a diferenciação, diferentes genes se tornam ativos em diferentes tecidos, num processo sujeito a complexa regulação. A função metabólica de cada célula depende de, e determina a expressão gênica.

Células se organizam em tecidos de função semelhante, e tecidos se organizam em sistemas orgânicos:

Sistema cardiovascular

Sistema muscular

Sistema ósseo

Sistema tegumentar

Sistema reprodutor

Sistema digestivo

Sistema respiratório

Sistema excretor

Sistema imunológico

Sistema endócrino

Sistema nervoso

A biologia do desenvolvimento estuda o desenvolvimento desde o zigoto até o corpo desenvolvido, a anatomia humana estuda a estrutura do corpo humano desenvolvido, e a fisiologia humana estuda o funcionamento desta anatomia. A medicina é a aplicação da biologia humana à patologia, o estudo das doenças.

## **Reino dos Animais**

Os invertebrados

Os animais compõem um reino com mais de um milhão de espécies. No entanto, fósseis encontrados revelam que uma quantidade muito maior de espécies animais já viveu na Terra, mas hoje estão extintas.

Nós, os seres vivos, somos muitos e temos as mais variadas formas e tamanhos - desde corpos microscópicos, como o ácaro, até corpos gigantes como o da baleia-azul. Alguns com forma, organização e funcionamento do corpo simples, como uma esponja-do-mar; outros, com a estrutura complexa de um mamífero.

Apesar da grande diversidade, quase todos os animais apresentam uma característica em comum: são formados por milhares de células de diversos tipos. Outro aspecto comum aos seres do reino Animal é que obtêm o seu alimento a partir de outros seres vivos.

Os animais habitam quase todos os ambientes conhecidos do nosso planeta, podendo ser encontrados tanto em grandes altitudes nas montanhas quanto em profundas fossas marinhas.

A maioria das espécies é capaz de se locomover, isto é, mover o corpo de um lugar para o outro. No entanto, há espécies que vivem fixas, ou seja, sésseis, no ambiente, como as esponjas-do-mar.

O que é vertebrado e invertebrado?

Os animais são estudados pela zoologia - campo da ciência cujo nome origina-se da língua grega: zoo significa "animal", e logia, "estudo".

Para facilitar o estudo, é importante classificar os animais. Uma das formas de fazer essa classificação é dividi-los em dois grandes grupos: vertebrados e invertebrados.

No grupo dos vertebrados estão os animais que, como os seres humanos, possuem coluna vertebral. Já o grupo dos invertebrados é formado por aqueles que não possuem coluna vertebral.

A coluna vertebral é um tipo de eixo esquelético formado por peças articuladas entre si - as vértebras-, que podem ser ósseas ou cartilaginosas. As articulações permitem a flexibilidade do esqueleto interno, facilitando a movimentação.

## Vírus

Vírus (do latim virus, "veneno" ou "toxina") são pequenos agentes infecciosos (20-300 nm de diâmetro) que apresentam genoma constituído de uma ou várias moléculas de ácido nucleico (DNA ou RNA), as quais possuem a forma de fita simples ou dupla. Os ácidos nucleicos dos vírus geralmente apresentam-se revestidos por um envoltório proteico formado por uma ou várias proteínas, o qual pode ainda ser revestido por um complexo envelope formado por uma bicamada lipídica.

As partículas virais são estruturas extremamente pequenas, submicroscópicas. A maioria dos vírus apresentam tamanhos diminutos, que estão além dos limites de resolução dos microscópios ópticos, sendo comum para a sua visualização o uso de microscópios eletrônicos. Vírus são estruturas simples, se comparados a células, e não são considerados organismos, pois não possuem organelas ou ribossomos, e não apresentam todo o potencial bioquímico (enzimas) necessário à produção de sua própria energia metabólica. Eles são considerados parasitas intracelulares obrigatórios (característica que os impede de ser considerado seres vivos), pois dependem de células para se multiplicarem. Além disso, diferentemente dos organismos vivos, os vírus são incapazes de crescer em tamanho e de se dividir. A partir das células hospedeiras, os vírus obtêm: aminoácidos e nucleotídeos; maquinaria de síntese de proteínas (ribossomos) e energia metabólica (ATP).

Fora do ambiente intracelular, os vírus são inertes. Porém, uma vez dentro da célula, a capacidade de replicação dos vírus é surpreendente: um único vírus é capaz de multiplicar, em poucas horas, milhares de novos vírus. Os vírus são capazes de infectar seres vivos de todos os domínios (Eukarya, Archaea e Bactéria). Desta maneira, os vírus representam a maior diversidade biológica do planeta, sendo mais diversos que bactérias, plantas, fungos e animais juntos.

## Taxonomia

Os vírus também são classificados dentro de grupos taxonômicos, assim como os seres vivos, porém, seguindo uma regra particular de classificação. Vírus não são agrupados em domínio, reino, filos ou classes. Desta maneira, a estrutura geral da taxonomia dos vírus é a seguinte:

Ordem (-virales)

Família (-viridae)

Subfamília (-virinae)

Gênero (-virus)

Espécie

A nomenclatura para ordens, famílias, subfamílias e gêneros é sempre precedida pelos sufixos apresentados acima. Já a nomenclatura de espécies não possui um padrão universal. Cada ramo da virologia (vegetal, animal, bacteriana, humana) adota um padrão de nomenclatura específico. Espécies de vírus de plantas normalmente apresentam nomes que fazem referência a planta hospedeira e a característica do sintoma causado pela infecção (e.g. Vírus do mosaico do tabaco). Espécies de vírus de bactérias (bacteriófagos) podem ser denominados como "fago" seguido de uma letra grega (e.g. Fago  $\lambda$ ) ou código alfanumérico (e.g. Fago T7). Vírus que infectam vertebrados podem receber nomes em alusão à espécie hospedeira de origem (e.g. Papillomavírus Bovino), ao local de origem do vírus (e.g. Vírus Ebola, do rio Ébola, no Congo), à doença causada pelo vírus (e.g. Vírus da imunodeficiência humana - HIV).

O Comitê Internacional de Taxonomia de Vírus (ICTV, do inglês "International Committee on Taxonomy of Virus") estabelece regras de classificação e nomenclatura de vírus. O ICTV é uma entidade composta por grupos especializados de virologistas de todas as partes do mundo.

Esquema da transcrição do genoma viral dos sete grupos segundo a classificação de Baltimore

### Classificação de Baltimore

O Sistema de Classificação de Baltimore, criado por David Baltimore, é um modo de classificação que ordena os vírus em sete grupos, com base na característica do genoma viral e na forma como este é transcrito a mRNA. Neste sistema, os vírus são agrupados como apresentado a seguir:

Grupo I: Vírus DNA dupla fita (dsDNA)

Grupo II: Vírus DNA fita simples (ssDNA)

Grupo III: Vírus RNA dupla fita (dsRNA)

Grupo IV: Vírus RNA fita simples senso positivo ((+)ssRNA)

Grupo V: Vírus RNA fita simples senso negativo ((-)ssRNA)

Grupo VI: Vírus RNA com transcrição reversa (ssRNA-RT)

Grupo VII: Vírus DNA com transcrição reversa (dsDNA-RT)

### Genoma

Ao contrário das células, que apresentam genoma constituído por DNA e RNA, os vírus possuem DNA ou RNA como material genético, e todos os vírus possuem apenas um ou outro no vírion. No entanto, existem vírus que possuem ambos, porém, em estágio diferentes do ciclo reprodutivo. As moléculas de ácido nucleico dos vírus podem ser fita simples ou dupla, linear ou circular, e segmentada ou não. O genoma dos vírus de RNA tem ainda a característica de possuir senso positivo (atua como mRNA funcional no interior das células infectadas) ou senso negativo (serve de molde para uma RNA-polimerase transcrevê-lo dando origem a um mRNA funcional). A quantidade de material genético viral é menor que a da maioria das células. O peso molecular do genoma dos vírus de DNA varia de  $1,5 \times 10^6$  a  $200 \times 10^6$  Da. Já o dos de RNA varia de  $2 \times 10^6$  a  $15 \times 10^6$  Da. No genoma dos vírus estão contidas todas as informações genéticas necessárias para programar as células hospedeiras, induzindo-as a sintetizar todas as macromoléculas essenciais à replicação do vírus.

### Estrutura

Dentre os vários grupos de vírus existentes, não existe um padrão único de estrutura viral. A estrutura mais simples apresentada por um vírus consiste de uma molécula de ácido nucleico coberta por muitas moléculas de proteínas idênticas. Os vírus mais complexos podem conter várias moléculas de ácido nucleico assim como diversas proteínas associadas, envoltório proteico com formato definido, além de complexo envelope externo com espículas. A maioria dos vírus apresentam conformação helicoidal ou isométrica. Dentre os vírus isométricos, o formato mais comum é o de simetria icosaédrica.

### Partícula

Os vírus são formados por um agregado de moléculas mantidas unidas por forças secundárias, formando uma estrutura denominada partícula viral. Uma

partícula viral completa é denominada vírion. Este é constituído por diversos componentes estruturais (ver tabela abaixo para mais detalhes):

Ácido nucleico: molécula de DNA ou RNA que constitui o genoma viral.

Capsídeo: envoltório proteico que envolve o material genético dos vírus.

Nucleocapsídeo: estrutura formada pelo capsídeo associado ao ácido nucleico que ele engloba (Os capsídeos formados pelos ácidos nucleicos são englobados a partir de enzimas) .

Capsômeros: subunidades proteicas (monômeros) que agregadas constituem o capsídeo.

Envelope: membrana rica em lipídios que envolve a partícula viral externamente. Deriva de estruturas celulares, como membrana plasmática e organelas.

Peplômeros (espículas): estruturas proeminentes, geralmente constituídas de glicoproteínas e lipídios, que são encontradas ancoradas ao envelope, expostas na superfície.

## Célula

As células são as unidades estruturais e funcionais dos organismos vivos. Alguns organismos, tais como as bactérias, são unicelulares (consistem em uma única célula). Outros, tais como os seres humanos, são pluricelulares (várias células).

O corpo humano é constituído por aproximadamente 10 trilhões (mais de 10<sup>13</sup>) de células; A maioria das células vegetais e animais têm entre 1 e 100 µm e, portanto, são visíveis apenas sob o microscópio; a massa típica da célula é um nanograma.

A célula foi descoberta por Robert Hooke em 1663 ou 1665. Em 1837, antes de a teoria final da célula estar desenvolvida, Jan Evangelista Purkyně observou "pequenos grãos" ao olhar um tecido vegetal através de um microscópio. A teoria da célula, desenvolvida primeiramente em 1838 por Matthias Jakob Schleiden e por Theodor Schwann, indica que todos os organismos são compostos de uma ou mais células. Todas as células vêm de células preexistentes. As funções vitais de um organismo ocorrem dentro das células, e todas elas contêm informação genética necessária para funções de regulamento da célula, e para transmitir a informação para a geração seguinte de células.

RNA - Tradução passo a passo

A tradução é um processo no qual haverá a leitura da mensagem contida na molécula de RNAm pelos ribossomos, decodificando a linguagem de ácido nucleico para a linguagem de proteína.

Cada RNAt em solução liga-se a um determinado aminoácido, formando-se uma molécula chamada aminoacil-RNAt, que conterá, na extremidade correspondente ao anticódon, um trio de códon do RNAm.

Para entendermos bem este processo, vamos admitir que ocorra a síntese de um peptídeo contendo apenas sete aminoácidos, o que se dará a partir da leitura de um RNAm contendo sete códons (21 bases hidrogenadas). A leitura (tradução) será efetuada por um ribossomo que se deslocará ao longo do RNAm

Esquemáticamente na síntese proteica teríamos:

Um RNAm, processado no núcleo, contendo sete códons (21 bases hidrogenadas) se dirige ao citoplasma.

No citoplasma, um ribossomo se liga ao RNAm na extremidade correspondente ao início da leitura. Dois RNAt, carregando os seus respectivos aminoácidos (metionina e alanina), prendem-se ao ribossomo. Cada RNAt liga-se ao seu trio de bases (anticódon) ao trio de bases correspondentes ao códon do RNAm. Uma ligação peptídica une a metionina à alanina.

O ribossomo se desloca ao longo do RNAm. O RNAt que carregava a metionina se desliga do ribossomo. O quarto RNAt, transportando o aminoácido leucina, une o seu anticódon ao códon correspondente do RNAm. Uma ligação peptídica é feita entre a leucina e a alanina.

O ribossomo novamente se desloca. O RNAt que carregava a alanina se desliga do ribossomo. O quarto RNAt, transportando o aminoácido ácido glutâmico encaixa-se no ribossomo. Ocorre a união do anticódon desse RNAt com o códon correspondente do RNAm. Uma ligação peptídica une o ácido glutâmico à leucina.

Novo deslocamento do ribossomo. O quinto RNAt, carregando a aminoácido glicina, se encaixa no ribossomo. Ocorre a ligação peptídica da glicina com o ácido glutâmico.

Continua o deslocamento do ribossomo ao longo do RNAm. O sexto RNAt, carregando o aminoácido serina, se encaixa no ribossomo. Uma ligação peptídica une a serina à glicina.

Fim do deslocamento do ribossomo. O último transportador, carregando o aminoácido triptofano, encaixa-se no ribossomo. Ocorre a ligação peptídica do

triptofano com a serina. O RNAt que carrega o triptofano se separa do ribossomo. O mesmo ocorre com o transportador que portava a serina.

O peptídeo contendo sete aminoácidos fica livre no citoplasma. Claro que outro ribossomo pode se ligar ao RNAm, reiniciando o processo de tradução, que resultará em um novo peptídeo. Perceba, assim, que o RNAm contendo sete códons (21 bases nitrogenadas) conduziu a síntese de um peptídeo formado por sete aminoácidos.

## Evolução

Na biologia, Evolução (também conhecida como evolução biológica, genética ou orgânica) é a mudança das características hereditárias de uma população de seres vivos de uma geração para outra. Este processo faz com que as populações de organismos mudem e se diversifiquem ao longo do tempo. O termo "evolução" pode referir-se à evidência observacional que constitui o fato científico intrínseco à teoria da evolução biológica, ou, em acepção completa, à teoria em sua completude. Uma teoria científica é por definição um conjunto indissociável de todas as evidências verificáveis conhecidas e das ideias testáveis e testadas àquelas atreladas.

Do ponto de vista genético, a evolução pode ser definida como qualquer alteração no número de genes ou na frequência dos alelos de um ou um conjunto de genes em uma população e ao longo das gerações. Mutações em genes podem produzir características novas ou alterar as que já existiam, resultando no aparecimento de diferenças hereditárias entre organismos. Estas novas características também podem surgir pela transferência de genes entre populações, como resultado de migração, ou entre espécies, resultante de transferência horizontal de genes. A evolução ocorre quando estas diferenças hereditárias tornam-se mais comuns ou raras numa população, quer de maneira não-aleatória, através de seleção natural, ou aleatoriamente, através de deriva genética.

A seleção natural é um processo pelo qual características hereditárias que contribuem para a sobrevivência e a reprodução se tornam mais comuns numa população, enquanto que características prejudiciais tornam-se mais raras. Isto ocorre porque indivíduos com características vantajosas tem mais sucesso na reprodução, de modo que mais indivíduos na próxima geração herdem tais características. Ao longo de muitas gerações, adaptações ocorrem através de uma combinação de mudanças sucessivas, pequenas e aleatórias nas características, mas significativas em conjunto, em virtude da seleção natural dos variantes mais adequados - adaptados - ao seu ambiente. Em contraste, a deriva genética produz mudanças aleatórias na frequência das características

numa população. A deriva genética reflete o papel que o acaso desempenha na probabilidade de um determinado indivíduo sobreviver e reproduzir-se. Na década de 1930, a seleção natural darwiniana foi combinada com a hereditariedade mendeliana[4] em uma síntese moderna, onde foi feita a ligação entre as unidades de evolução - os genes - e o mecanismo central de evolução - fundado na deriva genética e seleção natural. Tal teoria, denominada Síntese Evolutiva Moderna e detentora de um grande poder preditivo e explanatório, por oferecer uma unificadora e inigualável explicação natural para toda a diversidade da vida na Terra, tornou-se o pilar central da biologia moderna.

Uma espécie pode ser definida como o agrupamento dos espécimes capazes de compartilhar material genético - usualmente por via sexuada - a fim de reproduzirem-se gerando descendência fértil. No entanto, quando uma espécie é separada em várias populações que por algum motivo não mais se possam cruzar, mecanismos como mutações, deriva genética e a seleção de características novas provocam a acumulação de diferenças ao longo de gerações, diferenças que, acumuladas, podem implicar desde curiosidades biológicas como os denominados anéis de espécies até a emergência de espécies novas e distintas. As semelhanças entre organismos sugere que todas as espécies conhecidas descenderam de um ancestral comum (ou pool genético ancestral) através deste processo de divergência gradual.

Estudos do registro fóssil permitem reconstruir de forma satisfatória e precisa o processo de evolução da vida na Terra, desde os primeiros registros de sua presença no planeta - que datam de 3,4 mil milhões de anos atrás - até hoje . Tais fósseis, juntamente com o reconhecimento da fabulosa diversidade de seres vivos atrelada - a grande maioria hoje extinta - já em meados do século dezenove mostravam aos cientistas que as espécies encontram-se cronologicamente relacionadas, e que essas mudam ao longo do tempo. Contudo, os mecanismos que levaram a estas mudanças permaneceram pouco claros até o reconhecimento científico de que o próprio planeta tem uma história geológica muito rica - implicando mudanças ambientais constantes - e até a publicação do livro de Charles Darwin - A Origem das Espécies - detalhando a teoria de evolução por seleção natural. O trabalho de Darwin levou rapidamente à aceitação da evolução pela comunidade científica.

A herança em organismos ocorre por meio de caracteres discretos - características particulares de um organismo. Em seres humanos, por exemplo, a cor dos olhos é uma característica herdada dos pais. As características herdadas são controladas por genes e o conjunto de todos os genes no genoma de um organismo é o seu genótipo.

O conjunto das características observáveis que compõem a estrutura e o comportamento de um organismo é denominado o seu fenótipo. Estas características surgem da interação do genótipo com o ambiente. Desta forma, não são todos os aspectos de um organismo que são herdados. O bronzeamento da pele resulta da interação entre o genótipo de uma pessoa e a luz do sol; assim, um bronzeado não é hereditário. No entanto, as pessoas têm diferentes respostas à radiação solar, resultantes de diferenças no seu genótipo; um exemplo extremo são os indivíduos com a característica hereditária do albinismo, que não se bronzeiam e são altamente sensíveis a queimaduras de sol, devido à inexistência do pigmento melanina na pele.

Os genes são regiões nas moléculas de ácido desoxirribonucleico (DNA) que contêm informação genética. O DNA é uma molécula comprida com quatro tipos de bases ligadas umas às outras. Genes diferentes apresentam uma sequência diferente de bases; é a sequência destas bases que codifica a informação genética. Dentro das células, as longas cadeias de DNA estão associadas com proteínas formando estruturas chamadas cromossomas. Um local específico dentro de um cromossoma é conhecido como locus. Uma vez que normalmente existem duas cópias do mesmo cromossoma no genoma, os locus correspondentes em cada um destes (cuja sequência de DNA pode ser igual ou diferente) são denominados alelos. As sequências de DNA podem mudar através de mutações, produzindo novos alelos. Se uma mutação ocorrer dentro de um gene, o novo alelo pode afectar a característica que o gene controla, alterando o fenótipo de um organismo. No entanto, enquanto que esta simples correspondência entre alelo e uma característica funciona em alguns casos, a maioria das características são mais complexas e são controladas por múltiplos genes que interagem uns com os outros.

## Variação

Como o fenótipo de um indivíduo resulta da interação de seu genótipo com o ambiente, a variação nos fenótipos de uma população reflete, em certa medida, a variação nos genótipos dos indivíduos. A síntese evolutiva moderna define evolução como a mudança nas frequências gênicas ao longo do tempo, ou seja, a flutuação na frequência de um ou mais alelos, se tornando mais ou menos prevalente relativamente a outras formas do mesmo gene. Forças evolutivas atuam direcionando essa mudança de diferentes formas. A variação em determinado locus desaparece quando algum alelo se fixa na população, ou seja, quando um mesmo alelo passa a estar presente em todos os indivíduos.

A origem de toda a variação genética são mutações no material genético. Essa variação pode ser reorganizada por meio da reprodução sexuada, e distribuída entre populações por meio de migração. A variação também pode vir de trocas de genes entre espécies diferentes, como por exemplo na transferência

horizontal de genes em bactérias, e hibridização, principalmente em plantas. Apesar da constante introdução de variação por meio desses processos, a maior parte do genoma de uma espécie é idêntica em todos os indivíduos. No entanto, até mesmo relativamente poucas mudanças no genótipo podem levar a mudanças dramáticas no fenótipo: chimpanzés e humanos possuem apenas cerca de 5% de diferença em seu genoma.

## Mutação

A variação genética se origina de mutações aleatórias que ocorrem no genoma dos organismos. Mutações são mudanças na sequência dos nucleotídeos do genoma de uma célula, sendo causadas por radiação, vírus, transposons e substâncias químicas mutagênicas, assim como erros que ocorrem durante a meiose ou replicação do DNA. Esses agentes produzem diversos tipos de mudança nas sequências de DNA, que podem ser sem efeito, podem alterar o produto de um gene, ou alterar o quanto um gene é produzido. Estudos com a mosca-das-frutas, *Drosophila melanogaster*, apontam que cerca de 70% das mutações são deletérias (prejudiciais), sendo as restantes neutras (sem efeito) ou com pequeno efeito benéfico. Devido aos efeitos danosos das mutações sobre o funcionamento das células, os organismos desenvolveram ao longo do tempo evolutivo mecanismos responsáveis pelo reparo do DNA para remover mutações. Assim, a taxa ótima de mutação é resultado do balanço entre as demandas conflitantes de reduzir danos a curto prazo, como risco de câncer, e aumentar os benefícios a longo prazo de mutações vantajosas.

Grandes porções de DNA também podem ser duplicadas, fenômeno que funciona como fonte de material para a evolução de novos genes, sendo estimado que dezenas a centenas de genes são duplicados nos genomas de animais a cada milhão de anos. A grande maioria dos genes pertence a famílias de genes homólogos, que partilham um ancestral comum, de forma semelhante ao que ocorre com linhagens de espécies. Novos genes podem ser produzidos tanto por duplicação e mutação de um gene ancestral como por recombinação de partes de genes diferentes para formar novas combinações com funções distintas. Por exemplo, quatro dos genes utilizados no olho humano para a produção de estruturas responsáveis pela percepção de luz, derivam de um ancestral comum, sendo que três desses genes atuam na visão em cores e um na visão noturna. Uma vantagem na duplicação de genes (ou mesmo de genomas inteiros por poliploidia) é que sobreposição ou redundância funcional em vários genes pode permitir que alelos que seriam deletérios sem essa redundância sejam mantidos na população, aumentando assim a diversidade genética.

Mudanças em número de cromossomos também podem envolver a quebra e rearranjo de DNA entre cromossomos. Por exemplo, no gênero *Homo*, dois cromossomos se fundiram, formando o cromossomo 2 humano. Essa fusão

não ocorreu na linhagem dos outros grandes primatas (orangotango, chimpanzé, e gorila), e eles mantêm esses cromossomos separados. O papel mais importante desse tipo de rearranjo dos cromossomos na evolução pode ser o de acelerar a divergência de uma população em novas espécies, por meio de uma redução na chance de cruzamento entre as populações, preservando as diferenças genéticas entre elas.

Sequências de DNA que têm a capacidade de se mover pelo genoma, como transposons, constituem uma fração significativa do material genético de plantas e animais, e podem ter sido importantes na evolução de genomas. Por exemplo, mais de um milhão de cópias de um padrão denominado sequência Alu estão presentes no genoma humano, e tem sido demonstrado que essas sequências podem desempenhar um papel na regulação da expressão gênica. Outro efeito dessas sequências de DNA é que, ao se moverem dentro do genoma, elas podem mudar ou deletar genes existentes, gerando assim diversidade genética.

### Recombinação

Em organismos de reprodução assexuada, os genes são herdados todos juntos, ou ligados, dado que eles não podem se misturar com genes de outros organismos durante a reprodução. Por outro lado, a prole de organismos sexuada contém uma mistura aleatória dos cromossomos de seus pais, produzida por meio da segregação independente durante a meiose. No processo relacionado de recombinação gênica, organismos sexuada também podem trocar DNA entre cromossomos homólogos. Esses processos de embaralhamento podem permitir que mesmo alelos próximos numa cadeia de DNA segreguem independentemente. No entanto, como ocorre cerca de um evento de recombinação para cada milhão de pares de bases em humanos, genes próximos num cromossomo geralmente não são separados, e tendem a ser herdados juntos. Essa tendência é medida encontrando-se com qual frequência dois alelos ocorrem juntos, medida chamada de desequilíbrio de ligação. Um conjunto de alelos que geralmente é herdado em grupo é chamado de haplótipo, e essa co-herança pode indicar que o locus está sob seleção positiva.

A recombinação em organismos sexuada ajuda a remover mutações deletérias e manter mutações benéficas. Consequentemente, quando alelos não podem ser separados por recombinação - como no cromossomo Y humano, que passa intacto de pais para filhos - mutações deletérias se acumulam. Além disso, a recombinação pode produzir indivíduos com combinações de genes novas e vantajosas. Esses efeitos positivos da recombinação são balanceados pelo fato de que esse processo pode causar mutações e separar combinações benéficas de genes. A taxa ótima de

recombinação para uma espécie é, portanto, o resultado do balanço entre essas demandas conflitantes.

### Transferência horizontal de genes

A transferência horizontal de genes é um processo pelo qual um organismo transfere material genético para outra célula que não a sua prole, em contraste à transferência vertical em que um organismo recebe material genético de seu ancestral. A maior parte do pensamento em genética tem se focado na transferência vertical, mas recentemente a transferência horizontal tem recebido maior atenção.

### Genética populacional

De um ponto de vista genético, evolução é uma mudança de uma geração para a outra nas frequências de alelos de uma população que compartilha um conjunto de genes. Uma população é um grupo de indivíduos pertencentes a determinada espécie e que ocupa um espaço delimitado. Por exemplo, todas as mariposas da mesma espécie que vivem numa floresta isolada representam uma população. Um determinado gene nessa população pode ter diversas formas alternativas, que respondem por variações entre os fenótipos dos organismos. Um exemplo pode ser um gene para coloração em mariposas que tenha dois alelos: preto e branco. O conjunto de todos os genes presentes em todos os organismos de uma determinada população é conhecido como fundo genético, onde cada alelo ocorre várias vezes. A fração de genes dentro desse conjunto que é um alelo em particular é uma quantidade denominada frequência alélica, ou frequência genética. A evolução ocorre quando há mudanças nas frequências de alelos de uma população de organismos inter cruzantes. Por exemplo, quando o alelo para a cor preta se torna mais comum numa população de mariposas.

Para entender os mecanismos que fazem com que uma população evolua, é útil considerar quais as condições necessárias para que a população não evolua. Segundo o princípio de Hardy-Weinberg, as frequências de alelos numa população suficientemente grande irá se manter constante apenas se as únicas forças atuando na população forem a recombinação aleatória dos alelos na formação dos gametas e a combinação aleatória dos alelos nessas células sexuais durante a fecundação. Uma população em que as frequências dos alelos é constante não está evoluindo: a população está em Equilíbrio de Hardy-Weinberg.

### Mecanismos

Há três mecanismos básicos de mudanças evolutivas: selecção natural, deriva genética e fluxo génico. A selecção natural favorece genes que melhoram a capacidade para a sobrevivência e reprodução. A deriva genética é mudança

aleatória na frequência de alelos, causada pela amostragem aleatória dos genes de uma geração durante a reprodução, e o fluxo génico é a transferência de genes entre (e dentro de) populações. A importância relativa da selecção natural e deriva genética numa população varia conforme a intensidade da selecção e do efectivo populacional, que é o número de indivíduos capazes de se reproduzir. A selecção natural costuma predominar em grandes populações. A predominância de derivação genética em pequenas populações é capaz até mesmo de levar a fixação de suaves mutações deletérias. Como resultado, mudanças no tamanho da população podem influenciar dramaticamente o rumo da evolução. Os efeitos de gargalo, onde a população encolhe temporariamente e portanto perde variação genética, resultam numa população mais uniforme. Efeitos de gargalo surgem também de alterações no fluxo génico tais como uma diminuição da migração, expansões para outros habitats ou subdivisão populacional.

### Seleccção natural

Seleccção natural é o processo pelo qual mutações genéticas que melhoram a reprodução tornam-se, ou permanecem, mais comuns em gerações sucessivas de uma população. Este mecanismo tem sido muitas vezes chamado de "autoevidente" porque segue forçosamente a partir de três simples factos:

Variação hereditária existe em populações de organismos.

Os organismos produzem mais descendentes do que podem sobreviver.

Estes descendentes têm capacidade variável para sobreviverem e reproduzirem-se.

Estas condições geram competição entre organismos para a sua sobrevivência e reprodução. Por isso, organismos com características que lhes trazem alguma vantagem sobre os seus competidores transmitem estas características vantajosas, enquanto que características que não conferem nenhuma vantagem não são passadas para a geração seguinte.

O conceito central da selecção natural é a aptidão evolutiva de um organismo. Isto mede a contribuição genética de um organismo para a geração seguinte. Contudo, não é o mesmo que o número total de descendentes: a aptidão mede a proporção de gerações subsequentes que carregam os genes de um organismo. Por consequência, se um alelo aumenta a aptidão mais do que outros alelos do mesmo gene, então em cada geração esse alelo tornar-se-á mais comum dentro da população. Diz-se que estas características são "seleccionadas a favor" ou "positivamente". Exemplos de características que podem aumentar a aptidão são sobrevivência melhorada e aumento da fecundidade. Pelo contrário, aptidão mais baixa causada por ter um alelo menos benéfico resulta na diminuição da frequência deste alelo; são

"seleccionados contra" ou "negativamente". É importante notar que a aptidão de um alelo não é uma característica fixa. Se o ambiente muda, características que previamente eram neutras ou prejudiciais podem tornar-se benéficas ou vice-versa.

Seleção natural dentro de uma população, de uma característica que pode variar dentro de uma gama de valores, tal como a altura, pode ser categorizada em três tipos diferentes. A primeira é seleção direccional, que é um desvio do valor médio de uma característica ao longo do tempo - por exemplo, certos organismos que vão lentamente ficando mais altos de geração para geração. A segunda é seleção disruptiva, que é a seleção a favor de valores extremos das características e resulta frequentemente em que dois valores diferentes se tornem mais comuns, com seleção contra valores médios. Isto aconteceria quando quer indivíduos altos ou baixos têm certa vantagem, mas não os que têm altura média. Por último, existe seleção estabilizadora em que há seleção contra valores extremos das características em ambos os lados do espectro, o que causa uma diminuição da variância à volta do valor médio. Isto provocaria, usando o mesmo exemplo, que os organismos se fossem tornando todos da mesma altura.

Um caso especial de seleção natural é seleção sexual, que é seleção sobre qualquer característica que aumente o sucesso reprodutor, incrementando a capacidade de atracção de um organismo a potenciais parceiros. As características que evoluíram através de seleção sexual são particularmente proeminentes em machos de algumas espécies animais, apesar de algumas características como hastes muito elaboradas, chamamentos ou cores vivas poderem atrair predadores, diminuindo por isso a sobrevivência desses machos. Esta desvantagem é compensada pelo maior sucesso reprodutivo em machos que apresentam estas características seleccionadas sexualmente.

Uma área de pesquisa activa actualmente refere-se à unidade de seleção, com propostas de que a seleção natural actua no nível dos genes, células, indivíduos, populações ou mesmo espécies. Nenhum destes modelos são mutuamente exclusivos e a seleção pode actuar em vários níveis simultaneamente. Abaixo do nível do indivíduo, genes chamados transposões tentam copiar-se a si próprios ao longo do genoma. Seleção acima do nível do indivíduo, tal como seleção de grupo, pode permitir a evolução de cooperação, como discutido mais abaixo.

### Deriva genética

Simulação de deriva genética de 20 alelos numa população de 10 (em cima) e 100 (em baixo) indivíduos. A deriva é mais rápida na população pequena.

Deriva genética é a mudança na frequência alélica de uma geração para a outra que acontece porque os alelos nos descendentes são amostras

aleatórias dos presentes nos progenitores. Em termos matemáticos, os alelos estão sujeitos a erros de amostragem. Como resultado disto, quando forças selectivas estão ausentes ou são relativamente fracas, frequências alélicas tendem a "andar à deriva" para cima ou para baixo ao acaso (numa caminhada aleatória). Esta deriva termina quando um alelo eventualmente fique fixado, quer por desaparecer da população, ou por substituir completamente todos os outros alelos. A deriva genética pode assim eliminar alguns alelos de uma população meramente devido ao acaso, e duas populações separadas que começaram com a mesma estrutura genética podem divergir para duas populações com um conjunto diferente de alelos.

O tempo necessário para que um alelo se fixe por deriva genética depende do tamanho da população, com a fixação acontecendo mais rapidamente em populações mais pequenas. A medida mais importante para este caso é o efectivo populacional, que foi definido por Sewall Wright como o número teórico que representa o número de indivíduos reprodutores que exibem o mesmo grau de consanguinidade.

Apesar da selecção natural ser responsável pela adaptação, a importância relativas das duas forças, selecção natural e deriva genética, como motores de mudança evolutiva em geral, é uma área de pesquisa actual em biologia evolutiva. Estas investigações foram despoletadas pela teoria neutral da evolução molecular, que propôs que a maioria das mudanças evolutivas resultam da fixação de mutações neutras que não têm efeitos imediatos na aptidão de um organismo. Daí que, neste modelo, a maioria das mudanças genéticas resulte da constante pressão mutacional e deriva genética.

### Fluxo génico

Fluxo génico é a troca de genes entre populações, que são normalmente da mesma espécie. Exemplos de fluxo génico entre espécies incluem a migração seguido de cruzamento de organismos, ou a troca de pólen. A transferência de genes entre espécies inclui a formação de híbridos e transferência lateral de genes.

Leões machos deixam o bando onde nasceram e tomam conta de outro bando para acasalarem. Isto resulta em fluxo génico entre bandos.

Migração para dentro ou para fora de uma população pode mudar as frequências alélicas. Imigração pode adicionar material genético novo para o pool genético já estabelecido de uma população. Por outro lado, emigração pode remover material genético. Barreiras à reprodução são necessárias para que as populações se tornem em novas espécies, sendo que o fluxo génico pode travar este processo, espalhando as diferenças genéticas entre as populações. Fluxo génico é impedido por barreiras como cadeias

montanhosas, oceanos ou desertos ou mesmo por estruturas artificiais como a Grande Muralha da China, que tem prejudicado o fluxo de genes de plantas.

Dependendo de quanto é que duas espécies divergiram desde o seu ancestral comum mais recente, pode ainda ser possível que produzam descendência, tais como é exemplificado pelo cruzamento entre cavalos e burros, produzindo mulas. Tais híbridos são geralmente inférteis, devido à impossibilidade dos dois conjuntos de cromossomas se emparelharem durante a meiose. Neste caso, espécies próximas são capazes de se cruzar regularmente, mas os híbridos serão seleccionados contra e as espécies permanecerão separadas. Contudo, híbridos viáveis podem formar-se ocasionalmente e mesmo formar novas espécies. Estas novas espécies podem ter propriedades intermédias entre as espécies parentais ou possuir fenótipos totalmente novos. A importância da hibridização no processo de criação de novas espécies de animais não é clara, apesar de haver alguns casos conhecidos em muitos tipos de animais, sendo a espécie *Hyla versicolor* um exemplo particularmente bem estudado.

No entanto, a hibridação é um importante meio de especiação em plantas, uma vez que a poliploidia (ter mais do que duas cópias de cada cromossoma) é tolerada em plantas mais prontamente do que em animais. A poliploidia é importante em híbridos porque permite a reprodução, com cada um dos conjuntos de cromossomas capaz de emparelhar com um par idêntico durante a meiose. Os poliplóides também têm mais diversidade genética, o que permite que evitem depressão de consanguinidade em populações pequenas.

A transferência génica horizontal é a transferência de material genético de um organismo para outro que não é seu descendente. Isto é mais comum em bactérias. Em medicina, isto contribui para a disseminação de resistência a antibióticos, porque assim que uma bactéria adquire genes de resistência eles podem-se transferir rapidamente para outras espécies. Também é possível que tenha ocorrido transferência horizontal de genes de bactérias para eucariontes como a levedura *Saccharomyces cerevisiae* e para o escaravelho *Callosobruchus chinensis*, por exemplo. Os vírus também podem transportar DNA entre organismos, permitindo a transferência de genes mesmo entre domínios. A transferência de genes também ocorreu entre os ancestrais das células eucarióticas e procariontes, durante a aquisição do cloroplasto e da mitocôndria.

### Consequências

A evolução influencia cada aspecto da estrutura e comportamento dos organismos. O mais proeminente é o conjunto de adaptações físicas e comportamentais que resultam do processo de seleção natural. Essas adaptações aumentam a aptidão por contribuírem com atividades como busca por alimento, defesa contra predadores ou atração de parceiros sexuais. Outro

resultado possível da seleção é o surgimento de cooperação entre organismos, evidenciada geralmente no auxílio a organismos aparentados, ou em interações mutualísticas ou simbióticas. A longo prazo, a evolução produz novas espécies, por meio da divisão de populações ancestrais entre novos grupos que se tornam incapazes de intercruzarem.

Essas consequências da evolução são comumente divididas entre macroevolução, que é a evolução que ocorre acima do nível de espécies, e trata de fenômenos como a especiação, e microevolução, que trata das mudanças evolutivas que ocorrem dentro de uma espécie, como a adaptação a um ambiente específico por determinada população. Em geral, macroevolução é o resultado de longos períodos de microevolução. Assim, a distinção entre micro e macroevolução não é absoluta, havendo apenas uma diferença de tempo entre os dois processos. No entanto, na macroevolução, as características de toda a espécie é que são consideradas. Por exemplo, uma grande quantidade de variação entre indivíduos permite que uma espécie se adapte rapidamente a novos habitats, diminuindo a possibilidade de se tornar extinta, enquanto que uma grande área de distribuição aumenta a possibilidade de especiação, por fazer com que seja mais provável que parte da população fique isolada. Neste sentido, microevolução e macroevolução podem por vezes estar separadas.

Um problema conceptual muito comum é acreditar-se que a evolução é progressiva, mas a seleção natural não tem um objetivo final, e não produz necessariamente organismos mais complexos. Apesar de espécies complexas terem evoluído, isso ocorre como consequência indireta do aumento no número total de organismos, e formas de vida simples continuam sendo mais comuns. Por exemplo, a esmagadora maioria das espécies constitui-se de procaríotos microscópicos, que são responsáveis por cerca de metade da biomassa do planeta, apesar de seu pequeno tamanho, e compõem uma grande parte da biodiversidade na Terra. Assim, organismos simples continuam sendo a forma de vida dominante no planeta, sendo que as formas de vida mais complexas parecem mais diversas apenas porque são mais evidentes para nós.

### Adaptação

Ossos homólogos de extremidades de tetrápodes. Os ossos dos quatro animais têm a mesma estrutura básica, mas têm adaptado para utilizações específicas.

Adaptações são estruturas ou comportamentos que melhoram uma função específica dos organismos, aumentando sua chance de sobreviver e reproduzir. Elas são produzidas por uma combinação da produção contínua de pequenas mudanças aleatórias nas características (mutações), e da seleção natural das variantes melhor ajustadas ao seu ambiente. Esse processo pode

causar tanto o ganho de uma nova propriedade, como a perda de uma propriedade ancestral. Um exemplo que demonstra esses dois tipos de mudança é a adaptação bacteriana a antibióticos. Mutações que causam resistência a antibióticos podem modificar o alvo da droga ou remover os transportadores que permitem que a droga entre na célula. Outros exemplos notáveis são a capacidade adquirida pela bactéria *Escherichia coli* em utilizar o ácido cítrico como nutriente em experiências de laboratório de evolução a longo prazo, a aquisição de novas enzimas pela *Flavobacterium* que permitem que estas bactérias cresçam nos produtos da manufatura do náilon, ou a evolução na bactéria do solo *Sphingobium* de um via metabólica completamente nova que degrada o pesticida sintético pentaclorofenol. Uma interessante mas ainda controversa ideia é que algumas adaptações poderiam aumentar a capacidade dos organismos em gerar diversidade genética e adaptarem-se por seleção natural (aumentando a "evolucionabilidade" do organismo).

No entanto, muitas características que parecem ser simples adaptações podem ser exaptações: estruturas que originalmente surgiram como adaptações para desempenhar determinada função, mas que durante o processo evolutivo, coincidentemente se tornaram úteis no desempenho de uma outra função. Um exemplo é o lagarto africano *Holaspis guentheri*, que desenvolveu uma cabeça extremamente fina para se esconder em pequenas cavidades, como pode ser percebido ao olhar-se para espécies aparentadas. No entanto, nessa espécie a cabeça se tornou tão fina que auxilia o animal a planar quando saltando entre árvores - uma exaptação.

Esqueleto de uma baleia, a e b correspondem aos ossos das barbatanas, que se adaptaram de ossos dos membros anteriores: enquanto c indica os ossos dos membros posteriores vestigiais.

Uma adaptação ocorre pela modificação gradual de estruturas existentes. Estruturas com organização interna semelhante podem ter funções muito diferentes em organismos aparentados. Isso é resultado de uma única estrutura ancestral que se adaptou para funcionar de formas diferentes em cada linhagem. Os ossos nas asas de morcegos, por exemplo, são estruturalmente similares tanto com as mãos humanas como com as barbatanas de focas, devido à descendência dessas estruturas de uma ancestral comum que também tinha cinco dedos na extremidade de cada membro anterior. Outras características anatômicas únicas, como ossos no pulso do panda, que formam um falso "polegar", indicam que a linhagem evolutiva de um organismo pode limitar que tipo de adaptação é possível.

Durante a adaptação, algumas estruturas podem perder a sua função e se tornarem estruturas vestigiais. Essas estruturas podem ter pouca ou nenhuma função numa espécie, apesar de terem uma função clara em espécies

ancestrais ou relacionadas. Exemplos incluem os remanescentes não funcionais de olhos em alguns peixes de cavernas, asas em aves incapazes de voar e a presença de ossos do quadril em baleias e cobras. Exemplos de estruturas vestigiais em humanos incluem o dente do siso, o cóccix e o apêndice vermiforme.

Uma área de pesquisa atual em biologia do desenvolvimento evolutiva é a base desenvolvimental de adaptações e exaptações. Essa linha de pesquisa busca compreender a origem e evolução de desenvolvimento embrionário e como modificações nos processos do desenvolvimento produzem novas características de forma gradualista, onde as mudanças ocorrem com a presença de intermédios, ou ainda pelo modelo de saltos evolutivos, onde uma mudança "abrupta" pode ocorrer de uma geração para outra e com o passar do tempo aquela nova estrutura pode ser torna-se vantajosa para a população da espécie. Esses estudos têm demonstrado que a evolução pode alterar o desenvolvimento para criar novas estruturas, como as estruturas embrionárias que formam ossos da mandíbula em outros animais formando parte do ouvido médio em mamíferos. É também possível que estruturas perdidas ao longo da evolução reapareçam devido a mudanças em genes do desenvolvimento, como uma mutação em galinhas que faz com que os embriões produzam dentes similares aos de crocodilos.

### Co-evolução

Interações entre organismos podem produzir tanto conflito como cooperação. Quando a interação ocorre entre pares de espécies, como um patógeno e um hospedeiro, ou um predador e uma presa, essas espécies podem desenvolver séries de adaptações combinadas. Nesses casos, a evolução de uma espécie causa adaptações numa outra. Essas mudanças na segunda espécie, por sua vez, causam novas adaptações na primeira. Esse ciclo de seleção e resposta é chamado de co-evolução. Um exemplo é a produção de tetrodotoxina numa espécie de salamandra (*Taricha granulosa*) e a evolução de resistência à tetrodotoxina em seu predador, uma serpente (*Thamnophis sirtalis*). Nesse par de presa e predador, uma corrida armamentista evolutiva produziu altos níveis de toxina na salamandra e correspondentemente altos níveis de resistência na cobra.

### Cooperação

No entanto, nem todas as interações entre espécies envolvem conflito. Muitos casos de interações mutuamente benéficas evoluíram. Por exemplo, existe uma cooperação extrema entre plantas e micorrizas que crescem sobre as raízes, auxiliando na absorção de nutrientes do solo. Essa é uma interação recíproca, já que as plantas provêm à micorriza açúcares da fotossíntese. Nesse caso o fungo geralmente cresce dentro das células da planta, permitindo

a troca de nutrientes, enquanto envia sinais que reprimem o sistema imunitário da planta.

A cooperação também evoluiu entre organismos da mesma espécie. Um caso extremo é a eussocialidade, que pode ser observada em insetos sociais, como abelhas, cupins e formigas, onde insetos estéreis alimentam e defendem um pequeno número de organismos da colônia que são capazes de se reproduzir. Numa escala ainda menor, as células somáticas que formam o corpo de um animal são limitadas em sua capacidade de se reproduzir para que se mantenha a estabilidade no organismo e permita que um pequeno número de células germinativas produza prole. Nesse caso, células somáticas respondem a sinais específicos que as instruem a crescer ou destruir a si próprias. Se as células ignoram esses sinais e tentam se multiplicar de forma desordenada, seu crescimento descontrolado causa câncer.

Imagina-se que esses exemplos de cooperação dentro de uma espécie evoluíram pelo processo de seleção de parentesco, que consiste em um organismo agir de forma a aumentar a probabilidade de parentes produzirem prole. Essa atividade é selecionada porque se o indivíduo que ajuda possui alelos que promovem a atividade de ajudar, é provável que seus parentes também possuam esses alelos e, assim, esses alelos são passados adiante. Outros processos que podem promover a cooperação incluem seleção de grupo, onde a cooperação fornece benefícios para um grupo de organismos.

### Especiação

Especiação é o processo pelo qual uma espécie diverge, produzindo duas ou mais espécies descendentes. Eventos de especiação foram observados diversas vezes, tanto em condições controladas de laboratório como na natureza. Em organismos de reprodução sexuada, a especiação resulta do isolamento reprodutivo seguido por divergência entre as linhagens. Há quatro tipos de mecanismos de especiação, sendo a especiação alopátrica considerada a mais comum em animais. Esse tipo de especiação ocorre quando populações são isoladas geograficamente, por fragmentação de habitat ou migração, por exemplo. Como as forças evolutivas passam a atuar independentemente nas populações isoladas, a separação vai, eventualmente, produzir organismos incapazes de se intercrossarem.

O segundo mecanismo de especiação a ser considerado é a especiação peripátrica, que ocorre quando pequenas populações de organismos são isoladas num novo ambiente. Ela difere da especiação alopátrica pelo fato de as populações isoladas serem muito menores do que a população parental. Nesse caso, o efeito fundador causa uma especiação rápida tanto pela deriva genética oriunda do efeito fundador como pela rápida ação da seleção natural sobre um conjunto de genes pequeno.

O terceiro mecanismo de especiação é a especiação parapátrica. Ela é similar à especiação peripátrica na medida em que uma população pequena ocupa um novo habitat, mas difere porque não há separação física entre essas populações. O que ocorre é que a especiação resulta da evolução de mecanismos que reduzem o fluxo gênico entre as duas populações. Geralmente isso ocorre quando há alguma mudança drástica no ambiente da espécie parental. Um exemplo é a gramínea *Anthoxanthum odoratum*, que pode passar por especiação parapátrica em resposta a poluição localizada de metais de minas. Neste caso, plantas com resistência a altos níveis de metais no solo evoluem. A seleção contra cruzamentos com a população parental sensível a metais produz uma mudança no tempo de floração das plantas resistentes, causando isolamento reprodutivo. A seleção contra híbridos entre as duas populações pode causar o que é chamado de reforço, que é a evolução de características que promovem o cruzamento dentro de determinada espécie, assim como deslocamento de caráter, que ocorre quando duas espécies se tornam mais distintas em aparência.

O Isolamento geográfico dos Tentilhões de Darwin das Ilhas Galápagos produziram mais de uma dúzia de espécies.

Finalmente, quando há especiação simpátrica, espécies divergem sem uma barreira geográfica entre elas ou mudanças drásticas no ambiente. Esse tipo de especiação é considerado raro, já que uma pequena quantidade de fluxo gênico pode remover as diferenças genéticas entre partes de uma população. Em geral, a especiação simpátrica em animais exige a evolução tanto de diferenças genéticas como de acasalamento preferencial, para permitir que o isolamento reprodutivo evolua.

Um tipo de evolução simpátrica envolve o cruzamento entre duas espécies aparentadas, produzindo uma nova espécie híbrida. Esse tipo de especiação não é comum em animais, já que híbridos são comumente inviáveis ou estéreis, porque não há pareamento entre os cromossomos homólogos de cada progenitor durante a meiose. Ela é mais comum em plantas, porque plantas frequentemente dobram o número de cromossomos, formando poliplóides. Isso permite o pareamento de cada cromossomo com seu homólogo durante a meiose, já que os cromossomos de cada progenitor já se apresentam em pares. Um exemplo desse tipo de especiação ocorreu quando as espécies *Arabidopsis thaliana* e *Arabidopsis arenosa* se hibridizaram para formar a nova espécie *Arabidopsis suecica*. Isso ocorreu há cerca de 20.000 anos atrás e o processo de especiação foi reproduzido em laboratório, permitindo o estudo dos mecanismos genéticos envolvidos no processo. De fato, eventos de poliploidização numa espécie podem ser uma causa comum de isolamento reprodutivo, já que metade dos cromossomos duplicados não irá parear quando ocorrer cruzamento com organismos sem essa duplicação.

Eventos de especiação são importantes na teoria do equilíbrio pontuado, que explica a existência do padrão observado no registro fóssil de "explosões" de evolução entre longos períodos de estase, em que as espécies se mantêm relativamente sem mudanças. Nessa teoria, a especiação e a rápida evolução são relacionadas, com seleção natural e deriva genética atuando mais fortemente em organismos especiando em novos habitats ou com pequeno tamanho populacional. Como resultado, os períodos de estase no registro fóssil correspondem à população parental, e os organismos passando por especiação e rápida evolução são encontrados em pequenas populações geograficamente restritas., sendo raramente preservados como fósseis.

Barreiras ao cruzamento entre espécies

Barreiras reprodutivas ao cruzamento podem ser classificadas em pré-zigóticas ou pós-zigóticas. A distinção entre as duas é definida se a barreira previne a formação de prole antes ou depois da fertilização do óvulo.

Barreiras que previnem a fertilização

Barreiras pré-zigóticas são aquelas que impedem a cópula entre as espécies, ou então impedem a fertilização do óvulo caso a espécie tente cruzar.

Alguns exemplos são:

Diferentes espécies de vaga-lumes não reconhecem os sinais de outras espécies, e conseqüentemente, não cruzam.

Isolamento temporal – Ocorre quando espécies copulam em tempos diferentes. Populações de duas espécies americanas de gambá (*Spilogale gracilis* e *Spilogale putorius*) têm distribuições sobrepostas, mas se mantêm como espécies separadas porque a primeira acasala no verão e a segunda no inverno.

Isolamento comportamental – Sinais que estimulam uma resposta sexual podem ser suficientemente diferentes para impedir o acasalamento. O brilho rítmico dos vaga-lumes é específico de cada espécie e portanto funciona como barreira pré-zigótica.

Isolamento mecânico – Diferenças anatômicas em estruturas reprodutivas podem impedir o cruzamento. Isso é verdade especialmente em plantas que desenvolveram estruturas específicas adaptadas a alguns polinizadores. Morcegos que se alimentam de néctar procuram por flores guiados por seu sistema de ecolocalização. Assim, plantas que dependem desses morcegos como polinizadores evoluíram flores acusticamente conspícuas, que auxiliam na sua detecção.

Isolamento gamético – Os gametas das duas espécies são quimicamente incompatíveis, impedindo a fertilização. O reconhecimento de gametas pode ser baseado em moléculas específicas na superfície do óvulo, que se ligam apenas a moléculas complementares no espermatozóide.

Isolamento geográfico/de habitat – Geográfico: As duas espécies estão separadas por barreiras físicas de larga escala, como uma montanha, um corpo de água ou barreiras físicas construídas por humanos. Essas barreiras impedem o fluxo gênico entre os grupos isolados. Isso é ilustrado pela divergência entre espécies de plantas em lados opostos da muralha da China.

Habitat: As duas espécies preferem habitats diferentes, mesmo vivendo, em geral, na mesma área, e assim são incapazes de se encontrar. Por exemplo, moscas do gênero *Rhagoletis* têm como planta hospedeira original a espécie *Crataegus monogyna*. Quando macieiras foram introduzidas em seu habitat, mais de 300 anos atrás, algumas moscas passaram a utilizar essa planta. Estudos mostram que, hoje em dia, moscas têm uma preferência genética pela planta em que são encontradas, e a cópula ocorre na planta. Assim, mesmo sendo encontradas nas mesmas áreas, seu isolamento ecológico é suficiente, e divergência genética ocorreu. Assim, esse é também um caso de especiação simpátrica.

Barreiras atuando após a fertilização

Barreiras pós-zigóticas são aquelas que ocorrem após a fertilização, geralmente resultando na formação de um zigoto híbrido que é infértil ou inviável. Isso geralmente é resultado de incompatibilidade nos cromossomos do zigoto. Um zigoto é um óvulo fertilizado antes de se dividir, ou o organismo que se origina desse óvulo fertilizado. Inviável significa incapaz de chegar à idade adulta.

Exemplos incluem:

Viabilidade do híbrido reduzida – Ocorre desenvolvimento incompleto e morte da prole.

Fertilidade do híbrido reduzida – Mesmo que duas espécies diferentes acasalem, a prole produzida pode ser infértil. Cruzamentos entre espécies no gênero do cavalo (*Equus*), tendem a produzir proles viáveis mas inférteis. Por exemplo, cruzamentos de zebra x cavalo e zebra x burro produzem organismos estéreis. O cruzamento de cavalo x burro produz mulas estéreis. Muito raramente, uma mula fêmea pode ser fértil. Degeneração do Híbrido – Alguns híbridos são férteis por uma única geração, se tornando então estéreis ou inviáveis.. Extinção

Um esqueleto de Tarbosaurus. Todos os dinossauros, com exceção das aves, se extinguiram no evento de extinção em massa entre o Cretáceo e o Terciário.

Extinção é o desaparecimento de toda uma espécie. A extinção não é um evento incomum, já que espécies normalmente surgem por especiação e desaparecem por extinção. De fato, quase todas as espécies de planta e animal que já existiram hoje estão extintas. Essas extinções aconteceram continuamente durante toda a história da vida, apesar de haver picos nas taxas de extermínio em eventos de extinção em massa. A extinção entre o Cretáceo e o Terciário (Extinção K-T), na qual os dinossauros desapareceram, é a mais conhecida. No entanto, um evento anterior, a extinção do Permiano-Triássico, foi ainda mais severa, levando cerca de 96% das espécies então existentes ao extermínio. A extinção do Holoceno é um processo de desaparecimento de espécies em massa ocorrendo atualmente, em decorrência da expansão da espécie humana pelo globo nos últimos milhares de anos. Taxas de extinção atuais são de 100 a 1000 vezes maiores do que as taxas normais, e até 30% das espécies pode estar extinta até o meio deste século. Atividades humanas são hoje a principal causa da extinção em massa atual e o aquecimento global pode acelerar ainda mais essa extinção no futuro.

O papel da extinção na evolução depende do tipo de extinção que é considerada. As causas das baixas taxas de evolução, que atuam continuamente e são responsáveis pela maior parte das extinções, não são bem conhecidas, e podem ser o resultado da competição entre as espécies por recursos compartilhados. Se a competição de outras espécies pode alterar a chance de determinada espécie sobreviver, isso poderia produzir seleção natural no nível de espécies, em contraposição à que ocorre no nível de organismos. As extinções em massa intermitentes também são importantes, mas ao invés de agir como força seletiva, elas reduzem drasticamente a diversidade, de forma não específica, promovendo picos de radiação adaptativa e especiação nas espécies sobreviventes.

## História evolutiva da vida

### Origem da vida

A origem da vida é o precursor necessário para a evolução biológica, mas perceber que a evolução ocorreu depois de os organismos aparecerem pela primeira vez, e investigar como isto acontece, não depende na compreensão exacta de como a vida começou. O consenso científico actual é de que a bioquímica complexa que constitui a vida provém de reacções químicas mais simples, mas que não é claro como ocorreu esta transição. Não há muitas certezas sobre os primeiros desenvolvimentos da vida, a estrutura dos primeiros seres vivos, ou a identidade ou natureza do último ancestral comum ou do pool genético ancestral. Como consequência, não há consenso

científico sobre como a vida surgiu. Algumas propostas incluem moléculas capazes de auto-replicação, como o RNAe a construção de células simples.

### Origem comum

Todos os seres vivos da Terra descendem de um ancestral comum ou de um pool genético ancestral. E as espécies actuais são um estágio no processo de evolução, e a sua diversidade resulta de uma longa série de eventos de especiação e extinção. A origem comum dos seres vivos foi inicialmente deduzida a partir de quatro simples factos sobre seres vivos: Primeiro, eles têm distribuições geográficas que não podem ser explicadas por adaptações locais. Segundo, a diversidade da vida não é uma série de organismos completamente únicos, mas os seres vivos têm semelhanças morfológicas. Terceiro, características vestigiais com nenhuma utilidade evidente são parecidas com características ancestrais funcionais e finalmente, que organismos podem ser classificados usando estas semelhanças numa hierarquia de grupos aninhados uns nos outros.

Espécies passadas também deixaram registos da sua história evolutiva. Fósseis, juntamente com a anatomia comparada de seres vivos existentes actualmente, constituem o registo morfológico ou anatómico. Comparando as anatomias de espécies modernas e extintas, paleontólogos podem inferir as linhagens dessas espécies. Contudo, esta metodologia tem maior sucesso em organismos com partes duras, tais como conchas, ossos ou dentes. Além disso, como os procariontes como bactérias e archaea partilham uma série limitada de morfologias comuns, os seus fósseis não fornecem informação sobre a sua ascendência.

Mais recentemente, evidências de origem comum provieram do estudo de semelhanças bioquímicas entre organismos. Por exemplo, todas as células vivas usam os mesmos ácidos nucleicos e aminoácidos. O desenvolvimento da genética molecular revelou o registo da evolução deixado nos genomas dos seres vivos: datando quando as espécies divergiram através do relógio molecular produzido pelas mutações. Por exemplo, comparações entre sequências de DNA revelaram a estreita semelhança genética entre humanos e chimpanzés e revelou quando existiu um ancestral comum às duas espécies.

### Evolução da vida

Árvore evolutiva mostrando a divergência das espécies actuais a partir do seu ancestral comum no centro. Os três domínios estão coloridos de amarelo (bactéria), azul (archaea) e vermelho (Eucarioto).

Apesar da incerteza sobre como a vida começou, é claro que os procariontes foram os primeiros seres vivos a habitar a Terra, há aproximadamente 3-4 mil milhões de anos. Não ocorreram nenhuma

mudanças óbvias em morfologia ou organização celular nestes organismos durante os próximos milhares de milhão de anos.

A próxima grande inovação na evolução foram os eucariontes. Estes surgiram a partir de bactérias antigas terem sido rodeadas por antecessores de células eucarióticas, numa associação cooperativa chamada de endossimbiose. A bactéria encapsulada e a célula hospedeira sofreram evolução, com a bactéria a evoluir em mitocôndrias ou em hidrogenossomas. Uma segunda captura de seres semelhantes a cianobactérias levou à formação de cloroplastos em algas e plantas.

A história da vida foi a história de procariontes, archae e eucariontes unicelulares até há cerca de um milhar de milhão de anos atrás quando seres multicelulares começaram a aparecer nos oceanos durante o período Ediacarano. A evolução de organismos multicelulares ocorreu múltiplas vezes, de forma independente, em organismos tão diversos como esponjas, algas castanhas, cianobactérias, mycetozoa e mixobactérias.

Depois do aparecimento dos primeiros seres multicelulares, ocorreu um notável diversificação biológica num período de 10 milhões de anos, num evento chamado explosão cambriana quando a maioria dos grupos de animais modernos apareceram entre 540 e 520 milhões de anos atrás. Durante este evento, evoluíram a maior parte dos tipos de animais modernos, assim como linhagens únicas que se extinguíram entretanto. Têm sido propostos vários "detonadores" para esta explosão, incluindo a acumulação de oxigénio na atmosfera resultante da fotossíntese. Um estudo conduzido por pesquisadores em 2013 estimou, pela primeira vez, as taxas de evolução durante a "explosão cambriana". Os resultados, solucionam o "dilema de Darwin": o súbito aparecimento de um grande número de grupos de animais modernos no registro de fóssil durante o início do período Cambriano. Há cerca de 500 milhões de anos, plantas e fungos colonizaram a terra, e foram logo seguidos por artrópodes e outros animais. Os anfíbios apareceram pela primeira vez há cerca de 300 milhões de anos, seguidos pelos primeiros amniotas, os mamíferos há volta de 200 milhões de anos e as aves há cerca de 100 milhões de anos (ambos a partir de linhagens semelhantes a répteis. Contudo, apesar da evolução destes grandes animais, seres vivos mais pequenos semelhantes aos que evoluíram cedo no processo, continuam a ser bem sucedidos e a dominar a Terra, formando a maioria da biomassa e das espécies procariontes.

### Evolução Convergente

Na natureza existem exemplos de espécies que mesmo sem ter ancestral comum quando comparado com a outra, desenvolveram tamanha similaridade quando se diz respeito a forma e comportamento, essas espécies similares irão apresentar estruturas análogas quando estas apresentam similaridade na

forma superficial ou na função, o que difere de estruturas homólogas que se originam estruturas de um ancestral em comum com as espécies comparadas. Um exemplo desse tipo de evolução no reino animal é encontrado quando comparado as asas dos morcegos e das aves.

### Evolução Paralela

Certa forma de evolução foi acrescentada na história, através de isolamentos entre indivíduos de um grupo. Um exemplo de evolução paralela se apresenta nos mamíferos, em que se diferem entre placentários e marsupiais, sendo que geralmente, alguns pares de animais tais como:

Canis (Placentário) e Thylacinus (marsupial), Felis (placentário) e Dasyurus(marsupial), Glaucomys (placentário) e Petaurus (marsupial), Marmota (placentário) e Vombatus (marsupial), Myrmecophaga (placentário) e Myrmecabius (marsupial), Talpa(placentário) e Notoryctes (marsupial), apresentam similaridades tanto na aparência quanto em hábitos. Ao contrário da evolução convergente, a evolução paralela ocorre conforme uma mesma linhagem ancestral evolui.

## **História do pensamento evolutivo**

Ideias evolutivas como origem comum e de transmutação de espécies existiram pelo menos desde o século VI a.C., quando foram examinadas pelo filósofo grego Anaximandro de Mileto. Outros que consideraram estas ideias incluem o filósofo grego Empédocles, o filósofo-poeta romano Lucrécio, o biólogo árabe Al-Jahiz, o filósofo persa Ibn Miskawayh, e o filósofo oriental Zhuang Zi.

À medida que o conhecimento biológico aumentou no século XVIII, ideias evolutivas foram propostas por alguns filósofos como Pierre Louis Maupertuis em 1745, Erasmus Darwin em 1796, e Georges-Louis Leclerc (conde de Buffon) entre 1749 e 1778. As ideias do biólogo Jean-Baptiste Lamarck acerca da transmutação das espécies teve grande influência. Charles Darwin formulou a sua ideia de selecção natural em 1838 e ainda estava desenvolvendo a sua teoria em 1858 quando Alfred Russel Wallace lhe enviou uma teoria semelhante, e ambas foram apresentadas na Linnean Society of London em dois artigos separados. No final de 1859, a publicação de A Origem das Espécies por Charles Darwin, explicava a selecção natural

em detalhe e apresentava provas que levaram a uma aceitação cada vez mais geral da ocorrência da evolução.

O debate sobre os mecanismos da evolução continuaram, e Darwin não foi capaz de explicar a fonte das variações hereditárias sobre as quais a selecção natural actuaria. Tal como Lamarck, ele pensava que os progenitores passavam à descendência as adaptações adquiridas durante a sua vida, uma teoria subsequentemente nomeada de Lamarckismo. Na década de 1880, as experiências de August Weismann indicaram que as mudanças pelo uso e desuso não eram hereditárias, e o Lamarckismo entrou gradualmente em descrédito. Mais importante do que isso, Darwin não conseguiu explicar como características passam de geração para geração. Em 1865, Gregor Mendel descobriu que as características eram herdadas de uma maneira previsível. Quando o trabalho de Mendel foi redescoberto em 1900, a discórdia sobre a taxa de evolução prevista pelos primeiros geneticistas e biometristas levou a uma ruptura entre os modelos de evolução de Mendel e de Darwin.

Esta contradição só foi reconciliada nos anos 1930 por biólogos como Ronald Fisher. O resultado final foi a combinação da evolução por selecção natural e hereditariedade mendeliana, a síntese evolutiva moderna. Na década de 1940, a identificação do DNA como o material genético por Oswald Avery e colegas, e a subsequente publicação da estrutura do DNA por James Watson e Francis Crick em 1953, demonstraram o fundamento físico da hereditariedade. Desde então, a genética e biologia molecular tornaram-se partes integrais da biologia evolutiva e revolucionaram o campo da filogenia.

Na sua história inicial, a biologia evolutiva atraiu primariamente cientistas vindos de campos tradicionais de disciplinas orientadas para a taxonomia, cujo treino em organismos particulares os levava a estudar questões gerais em evolução. Assim que a biologia evolutiva se expandiu como disciplina académica, particularmente depois do desenvolvimento da síntese evolutiva moderna, começou a atrair cientistas de um leque mais alargado das ciências biológicas. Actualmente, o estudo da biologia evolutiva envolve cientistas de campos tão diversos como bioquímica, ecologia, genética e fisiologia, e conceitos evolutivos são usados em disciplinas ainda mais distantes como psicologia, medicina, filosofia e ciência dos computadores.

#### Perspectivas sociais e culturais

Mesmo antes da publicação d'A Origem das Espécies, a ideia que a vida evoluiu era fonte de debate. A evolução ainda é um conceito contencioso em algumas secções da sociedade fora da comunidade científica. O debate tem-se centrado nas implicações filosóficas, sociais e religiosas da evolução, não na ciência em si; a proposta de que a evolução biológica ocorre através do mecanismo de selecção natural é padrão na literatura científica.

Apesar de muitas religiões terem reconciliado as suas crenças com a evolução através de vários conceitos de evolução teísta, há muitos criacionistas que acreditam que a evolução é contraditória com as histórias de criação encontradas nas respectivas religiões. Tal como Darwin reconheceu desde cedo, o aspecto mais controverso do pensamento evolutivo é a sua implicação para a origem dos seres humanos. Em alguns países, notavelmente os Estados Unidos, as tensões entre os ensinamentos científicos e religiosos têm alimentado a controvérsia da criação vs. evolução, um conflito religioso que foca na política do criacionismo e no ensino da evolução nas escolas públicas. Apesar de outros campos da ciência como cosmologia e ciências da Terra também entrarem em conflito com a interpretação literal de muitos textos religiosos, muitos crentes religiosos opõem-se à biologia evolutiva.

A evolução tem sido usada para posições filosóficas que propõe discriminação e o racismo. Por exemplo, as ideias eugénicas de Francis Galton foram desenvolvidas para argumentar que o pool genético humano podia ser melhorado através de políticas de cruzamentos selectivos, incluindo incentivos para aqueles considerados como "bom stock" para se reproduzirem, e esterilização compulsória, testes pré-natais, controlo da natalidade e inclusive homicídio dos considerados "mau stock". Um outro exemplo de uma extensão da teoria evolutiva que é reconhecida actualmente como indevida é o "Darwinismo social", um termo dado à teoria Malthusiana dos Whig, desenvolvida por Herbert Spencer em ideias de "sobrevivência do mais apto" no comércio e nas sociedades humanas em geral, e por outros que reclamavam que a desigualdade social, racismo e imperialismo eram justificados. Contudo, cientistas e filósofos contemporâneos consideram que estas ideias não são nem mandatadas pela teoria evolutiva nem sustentadas por quaisquer dados.

### Aplicações na tecnologia

Uma grande aplicação tecnológica da evolução é a selecção artificial, que é a selecção intencional de certas características em populações de seres vivos. Os seres humanos têm usado a selecção artificial há milhares de anos na domesticação de plantas e animais. Mais recentemente, tal selecção tornou-se uma parte vital da engenharia genética, com o uso de marcadores seleccionáveis tais com a resistência a antibióticos para manipular DNA na biologia molecular.

Como a evolução é capaz de produzir processos e redes altamente optimizados, tem muitas aplicações em ciência dos computadores. Aqui, simulações de evolução usando algoritmos genéticos e vida artificial foram iniciadas com o trabalho de Nils Aall Barricelli na década de 1960, e depois estendidas por Alex Fraser, que publicou uma série de artigos sobre simulação

de evolução artificial. A evolução artificial tornou-se um método de otimização largamente reconhecido como resultado do trabalho de Ingo Rechenberg na década de 1960 e 70, que usou estratégias evolutivas para resolver problemas de engenharia complexos. Algoritmos genéticos em particular tornaram-se populares pelos escritos de John Holland. À medida que o interesse acadêmico cresceu, o aumento dramático no poder computacional permitiu aplicações práticas. Algoritmos evolutivos são agora usados para resolver problemas multi-dimensionais mais eficientemente do que por software produzido por programadores humanos, e também para otimizar o desenho de sistemas.