



GOVERNO DO
ESTADO DO PARÁ

CORREÇÃO DE FLUXO

CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS



ENSINO MÉDIO

1º BIMESTRE

CLAUDETH DE SOUZA PINTO
ALEX CORRÊA DA SILVA

CADERNO DO PROFESSOR



Helder Zahluth Barbalho
Governador do Estado do Pará

Hanna Ghassan Tuma
Vice-governadora do Estado do Pará

Ricardo Nasser Sefer
Secretário de Estado da Educação

Júlio César Meireles de Freitas
Secretário Adjunto de Educação Básica - SAEB

Silvaney Fonseca Ferreira Seabra
Diretoria de Ensino Fundamental II, Ensino Médio e Profissional

Higor Kyuzo da Silva Okada
Coordenador de Ensino Médio

EQUIPE TÉCNICA COEM

CARLA ROSSY FREITAS MONTEIRO | Assistente Administrativo
MARIA REGINA PEREIRA XAVIER | Assistente Administrativo
TATIANE MORAES DOS SANTOS ALMEIDA | Assistente Administrativo

ALEX CORREA DA SILVA | Licenciado em Biologia
CLAUDETH DE SOUZA PINTO | Licenciada em Biologia
ELIAS JORGE BECHARA JUNIOR | Licenciado em Matemática
GLEIDSON DIEGO DOS REIS MONTEIRO | Licenciado em Matemática
GUILHERME PASTANA FONSECA DE OLIVEIRA | Licenciado em Língua Portuguesa/Língua inglesa
RITA DE CÁSSIA DO NASCIMENTO PAULA | Licenciada em Geografia

ALESSANDRA BARBOSA SEIXAS | Especialista em Educação
FANEIDE PINTO FRANÇA BITENCOURT | Especialista em Educação
HILDA CAROLINA DE SOUZA CUNHA | Especialista em Educação
JAIME ROBERTO SILVA RAMOS | Especialista em Educação
JUCILENE PEREIRA DA SILVA | Especialista em Educação
MARILÉIA CORRÊA LIMA | Especialista em Educação
OLÍVIA DE NAZARÉ MIRANDA DIAS | Especialista em Educação
SOLANGE DA SILVA BEZERRA | Especialista em Educação
SORAYA PAULA FRACINETH SOUZA COUTINHO | Especialista em Educação

REALIZAÇÃO:

Coordenação de Ensino Médio (COEM)/ Diretoria de Ensino Fundamental II, Médio (DIEFEM)/ Secretaria Adjunta de Educação Básica (SAEB)/ Secretaria de Estado de Educação do Pará (SEDUC/PA).

ELABORAÇÃO DE CONTEÚDO:

ALEX CORRÊA DA SILVA – COEM/SEDUC/PA
CLAUDETH DE SOUZA PINTO – COEM/SEDUC/PA

REVISÃO DE CONTEÚDO:

MARILÉIA CORRÊA LIMA - COEM/SEDUC/PA
SORAYA PAULA FRACINETH SOUZA COUTINHO - COEM/SEDUC

FICHA CATALOGRÁFICA

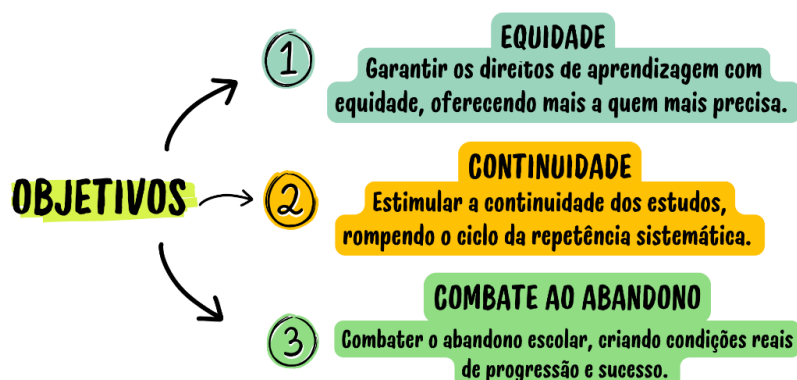
PARÁ. Secretaria de Estado de Educação. Correção de Fluxo – Ciências da Natureza e Suas Tecnologias - Ensino Médio - Caderno do Professor. Secretaria de Estado de Educação: Belém, 2026.

O PROGRAMA DE CORREÇÃO DE FLUXO

O programa de Correção de Fluxo é destinado a enfrentar o desafio da distorção idade/ano na rede pública estadual de ensino. O programa, alinha-se com os objetivos do Pacto pela Recomposição das Aprendizagens, política pública elaborada pelo Ministério da Educação (MEC), em colaboração com outros entes como Conselho Nacional de Secretários de Educação (CONSED) e pela União Nacional dos Dirigentes Municipais de Educação (UNDIME) para que estados e municípios implementem ações e programas voltados para a melhoria dos índices de aprendizagem da Educação Básica.

As turmas de Correção de Fluxo possuem uma proposta de organização curricular própria através da qual os estudantes que estão em distorção de idade-série em relação ao ano de escolaridade podem desenvolver competências e habilidades essenciais. Para garantir que os estudantes progridam e concluam a educação básica no tempo previsto, as turmas atendidas pelo programa devem apresentar estratégias e atendimento diferenciado que propiciem aos estudantes progressão eficiente.

O programa surgiu com objetivos alinhados às premissas da educação como direito, a saber:



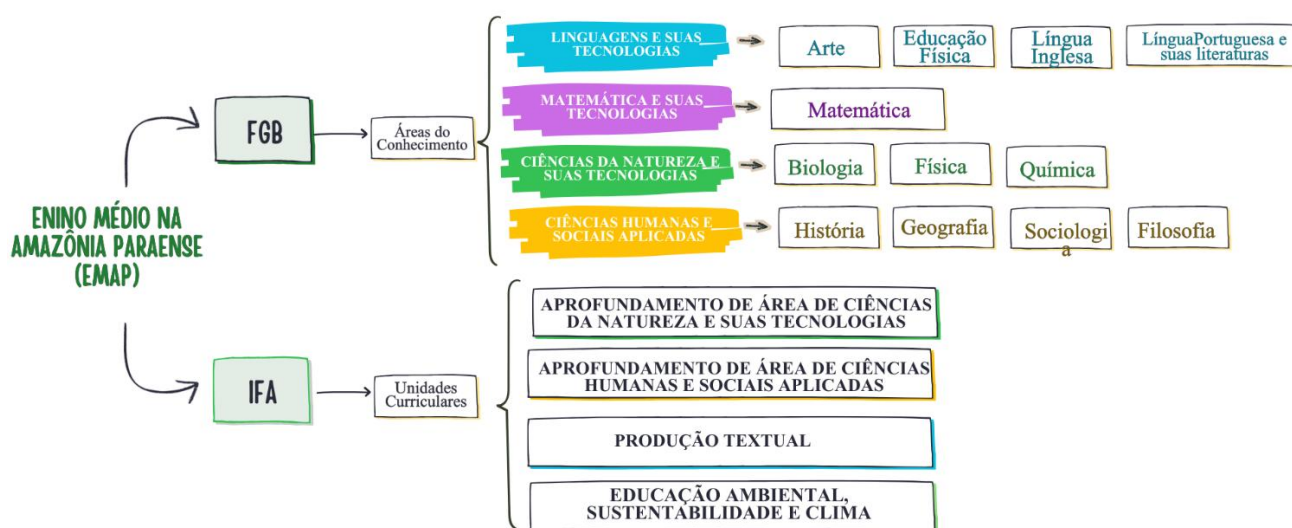
O programa Correção de Fluxo, fundamenta-se na premissa de que todos os estudantes são capazes de aprender.



MATRIZ CURRICULAR DO PROGRAMA DE CORREÇÃO DE FLUXO

A matriz curricular do Ensino Médio do Programa de Correção de Fluxo, é organizada em duas nucleações:

- Formação Geral Básica (FGB) - parte fixa do currículo, alinhada à Base Nacional Comum Curricular (BNCC), organizada por área do conhecimento, cada área com seus respectivos componentes curriculares.
- Itinerário Formativo de Aprofundamento (IFA): parte flexível do currículo, composta por suas unidades curriculares - Aprofundamento de Área (AA) de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, Aprofundamento de Área (AA) de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, Produção Textual (PT), e Educação Ambiental, Sustentabilidade e Clima (EASC).



Este caderno foi elaborado para atender as ações e atividades do 1º bimestre do Programa de Correção de Fluxo (PCF) do Ensino Médio na Amazônia Paraense (EMAP) na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNT). A obra proporciona uma viagem pelo conhecimento na FGB, a nucleação rígida do currículo.

Na FGB os componentes curriculares biologia, física e química, abordam objetos do conhecimento que mobilizam habilidades essenciais que permitem ao estudante desenvolver as competências necessárias à construção do seu projeto de vida. O caderno apresenta as unidades I, II e III.

A unidade I (Origem e Evolução) é abordada no componente curricular Biologia e é composta por dois capítulos. O capítulo 1 (Origem da Vida) aborda as origens do universo, do sistema

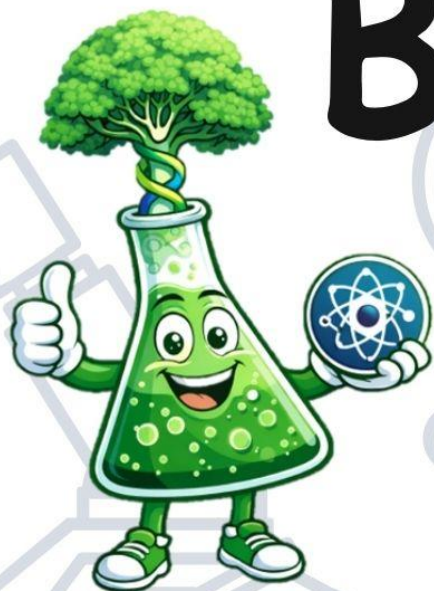
solar e da vida. O Capítulo 2 (Evolução) trata da evolução dos seres vivos, das teorias evolucionistas inclusive com uma abordagem voltada para evolução dos primatas.

SUMÁRIO

UNIDADE 1. ORIGEM E EVOLUÇÃO.....	10
CAPÍTULO 01. ORIGEM DA VIDA	11
1. ORIGEM DO UNIVERSO.....	12
1.1 Teoria do Big Bang ou Teoria da Grande explosão	12
2. ORIGEM DO SISTEMA SOLAR	13
3. ORIGEM DA VIDA NA TERRA	14
3.1 Teoria da Geração espontânea ou Abiogênese	15
3.2 Teoria da Biogênese	15
3.3 A Terra primitiva e a origem dos primeiros seres vivos	17
3.3.1 Hipóteses sobre a origem da vida na Terra	18
3.4 Outras Explicações para as origens da vida.....	21
ATIVIDADE	23
REFERÊNCIAS	27
 CAPÍTULO 02. EVOLUÇÃO	 28
1. PENSAMENTO EVOLUCIONISTA.....	29
1.1 Ideias evolucionista de Lamarck	29
1.2 Ideias evolucionista de Darwin	30
1.3 Ideias evolucionista de Wallace	31
2. TEORIA SINTÉTICA DA EVOLUÇÃO	34
3. MECANISMOS DA EVOLUÇÃO	35
4. EVIDÊNCIAS DE EVOLUÇÃO	35
4.1 Registro Fóssil.....	35
4.2 Anatomia Comparada.....	36
4.2.1 Estruturas homólogas	36
4.2.2 Estruturas análogas.....	37
4.2.3 Estruturas vestigiais	38
4.3 Embriologia Comparada	38
4.4 Biologia Molecular.....	39
5. ISOLAMENTO REPRODUTIVO	39
5.1 Barreiras Pré-zigóticas.....	39

5.2 Barreiras Pós-zigóticas.....	40
6. ESPECIAÇÃO.....	40
6.1 Tipos de especiação.....	40
6.1.1 Especiação Alopátrica	40
6.1.2 Especiação Simpátrica	41
6.1.3 Especiação Parapátrica	42
7 EVOLUÇÃO HUMANA	42
7.1 Super família Hominoidea.....	43
7.2 Evolução dos Hominídeos	44
ATIVIDADE	48
REFERÊNCIAS	56

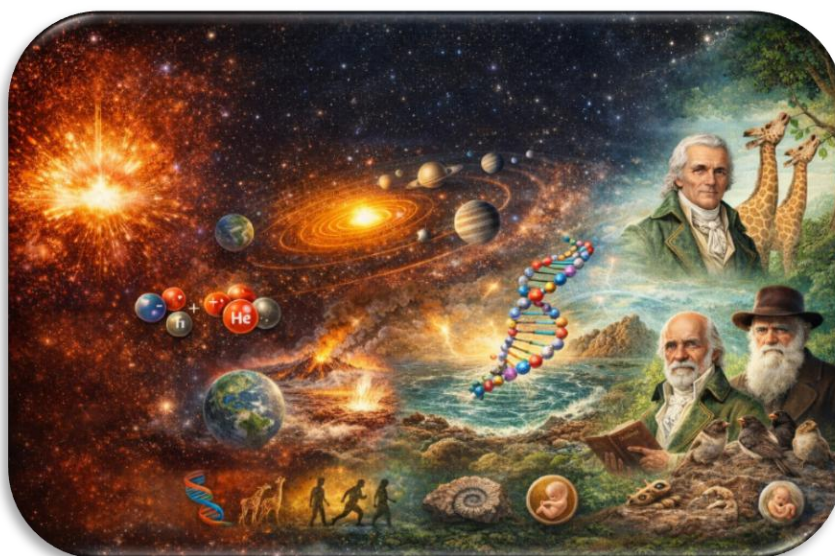
BIOLOGIA



Formação Geral Básica

UNIDADE I

Origem e Evolução



Nesta unidade, serão estudados os principais conceitos relacionados à origem do Universo, do Sistema Solar, da Terra e da vida, com o objetivo de compreender os processos físicos, químicos e biológicos que possibilitaram o surgimento dos primeiros seres vivos. Serão analisadas as condições da Terra primitiva e as diferentes explicações para a origem da vida, como as teorias da abiogênese e biogênese, além das hipóteses autotrófica, heterotrófica, da panspermia e da evolução química. A teoria criacionista também será abordada, permitindo a comparação entre explicações científicas e não científicas.

Em seguida, a unidade abordará a evolução biológica, discutindo as teorias que explicam as transformações pelas quais os seres vivos passaram ao longo do tempo. Serão estudadas as contribuições de Lamarck, Darwin e da Teoria Sintética da Evolução, bem como os principais mecanismos evolutivos, como mutações, recombinação genética, seleção natural, deriva genética e fluxo gênico. Serão analisadas ainda as evidências científicas que sustentam a teoria da evolução, incluindo o registro fóssil, a anatomia comparada, a embriologia e a biologia molecular.

Ao longo da unidade, exercícios, desafios e questões de vestibulares contribuem para a consolidação dos conhecimentos e para o desenvolvimento do pensamento científico e crítico dos estudantes.

CAPÍTULO 01. ORIGEM DA VIDA

Neste capítulo, serão abordados os principais conceitos e teorias relacionados à origem do Universo, do Sistema Solar, da Terra e da vida, contextualizando os processos físicos, químicos e biológicos que possibilitaram o surgimento dos primeiros seres vivos. Inicialmente, será discutida a origem do Universo e a formação do Sistema Solar, com destaque para as condições que levaram ao aparecimento da Terra primitiva. Em seguida, o capítulo explora as diferentes explicações científicas para a origem da vida na Terra, analisando teorias como a abiogênese e a biogênese, bem como as hipóteses autotrófica, heterotrófica, da panspermia e da evolução química. Também será apresentada a teoria criacionista, permitindo uma reflexão comparativa entre perspectivas científicas e não científicas. Por fim, os conteúdos serão consolidados por meio de exercícios, desafios e questões de vestibulares, favorecendo a fixação do conhecimento e o desenvolvimento do pensamento crítico.

Expectativas de Aprendizagem

Ao final do estudo, espera-se que os estudantes sejam capazes de:

- Analisar as teorias científicas sobre a origem do cosmos e da vida, comparando-as com outras cosmovisões.
- Identificar os componentes do sistema solar.
- Analisar as interações químicas e físicas essenciais para o surgimento da vida na Terra.
- Identificar as biomoléculas associadas ao surgimento da vida na Terra.
- Discutir as teorias sobre a origem da vida em diferentes contextos históricos e culturais.
- Reconhecer a importância dos experimentos de Redi, Pasteur, Miller-Urey na formulação de explicações sobre a origem da vida.
- Diferenciar as hipóteses sobre a origem da vida.

Habilidades da FGB

(EM13CNT201) Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente.

(EM13CNT208) Aplicar os princípios da evolução biológica para analisar a história humana, considerando sua origem, diversificação, dispersão pelo planeta e diferentes formas de interação com a natureza, valorizando e respeitando a diversidade étnica e cultural humana.

(EM13CNT209) Analisar a evolução estelar associando-a aos modelos de origem e distribuição dos elementos químicos no Universo, compreendendo suas relações com as condições necessárias ao surgimento de sistemas solares e planetários, suas estruturas e composições e as possibilidades de existência de vida, utilizando representações e simulações, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).

Habilidades do ENEM

(ENEM_C8_H28) Associar características adaptativas dos organismos com seu modo de vida ou com seus limites de distribuição em diferentes ambientes, em especial em ambientes brasileiros.

(ENEM_C4_H16) Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.

1. ORIGEM DO UNIVERSO

Desde os tempos mais remotos, os seres humanos buscam explicar as origens do Universo, da Terra e da Vida. Durante muito tempo, as explicações estiveram associadas a mitos e crenças religiosas (**Cosmogonia**). Com o avanço da ciência, surgiram teorias baseadas na observação, na experimentação e no uso da matemática (**Cosmologia**).

1.1 Teoria do Big Bang ou Teoria da Grande explosão

Segundo a Teoria do Big Bang, o Universo surgiu há aproximadamente 13,8 bilhões de anos a partir de um ponto extremamente quente, denso e concentrado. Nesse início, toda a matéria, energia, espaço e tempo estavam reunidos em uma condição primordial. Com o passar do tempo, esse estado inicial começou a se expandir (Figura 1.1), dando origem ao espaço, às partículas subatômicas, aos **átomos**, às estrelas, às galáxias e a todas as estruturas que observamos hoje.

Figura 1.1. Cronologia da expansão do Universo.



Fonte: Elaborada pelos autores. Imagem ilustrativa produzido por IA. ChatGPT (OpenAI), 2026.



Cosmologia x Cosmogonia

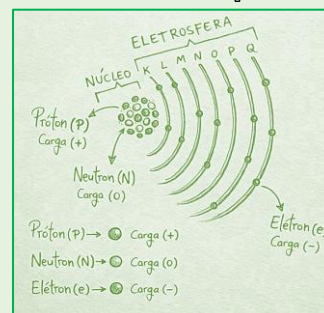
A cosmologia utiliza a ciência para explicar a origem do Universo, valendo-se de comprovações lógicas fundamentadas em leis universais. Ela não se ocupa de quem criou o Universo, mas de como ele surgiu e evoluiu ao longo do tempo.

A cosmogonia, por sua vez, utiliza mitos cosmogônicos, baseados na simbologia, na fé e nas tradições culturais dos povos, para explicar as origens do Universo. Sua explicação está centrada no sobrenatural e na atuação de deuses ou entidades criadoras. A verdade cosmogônica fundamenta-se na tradição e na cultura de um povo, não buscando explicar os processos científicos da criação do Universo, mas sim quem foi responsável por sua criação.



Átomo

É a menor unidade da matéria que conserva as propriedades de um elemento químico. Ele é formado por duas regiões principais: o núcleo e a eletrosfera. No núcleo encontram-se os prótons, de carga positiva, e os nêutrons, sem carga elétrica. Ao redor do núcleo está a eletrosfera, onde ficam os elétrons, partículas de carga negativa distribuídas em níveis de energia.



a) Expansão do Universo - As galáxias estão se afastando umas das outras. Isso foi observado por Edwin Hubble, que percebeu que quanto mais distante uma galáxia está, mais rapidamente ela se afasta. Isso indica que o Universo ainda está em expansão.

b) Radiação Cósmica de Fundo - Trata-se de uma radiação detectada em todas as direções do espaço, considerada um “eco” do Universo jovem, quando ele começou a esfriar. Essa radiação é uma das provas mais fortes da teoria.

c) Abundância dos elementos químicos - As proporções de hidrogênio e hélio observadas no Universo correspondem às previsões feitas pelos modelos do Big Bang.

A teoria do Big Bang explica como o Universo evoluiu a partir de seus primeiros instantes, mas **não explica** o que causou o Big Bang. Questões como “o que havia antes?” ou “por que o Big Bang ocorreu?” ainda são objeto de investigação científica e filosófica.

Importância da Teoria do Big Bang:

- Explica a origem e a evolução do Universo;
- Integra conhecimentos da Física, Astronomia e Química;
- Demonstra como a ciência constrói explicações a partir de evidências;
- Reforça a ideia de que o conhecimento científico é provisório e revisável.

2 ORIGEM DO SISTEMA SOLAR

A formação do Sistema Solar resultou de um longo processo de organização da matéria, explicada segundo a **Teoria da Nebulosa Solar**. Conforme essa teoria, o Sistema Solar começou a se formar há 4,6 bilhões de anos, a partir de uma grande nuvem de gás e poeira interestelar, chamada nebulosa. Essa nuvem era composta por hidrogênio e hélio, além de pequenas quantidades de outros elementos químicos.

Sob a ação da gravidade, a nebulosa começou a se contrair e a girar mais rapidamente, transformando-se em um disco achatado. No centro desse disco, concentrou-se a maior parte da matéria, dando origem ao Sol, cuja elevada temperatura e pressão iniciaram reações nucleares



Sugestão de Vídeo: A formação do Sistema Solar
<https://www.youtube.com/watch?v=SmH-BY4bstM>



Fonte: Adaptado de TREFIL & HAZEN, 2010. *Imagem ilustrativa produzido por IA. ChatGPT (OpenAI), 2026.*

responsáveis pela produção de energia. Ao redor do Sol, o material restante do disco formou pequenos aglomerados de partículas, chamados planetesimais.

Com o passar do tempo, os planetesimais se chocaram e se uniram, originando corpos cada vez maiores, os protoplanetas, que deram origem aos planetas atuais. Nas regiões mais próximas ao Sol, onde as temperaturas eram mais altas, formaram-se os planetas rochosos — Mercúrio, Vênus, Terra e Marte. Já nas regiões mais distantes, onde as temperaturas eram mais baixas, foi possível a formação dos planetas gasosos e gelados, como Júpiter, Saturno, Urano e Netuno.

Além dos planetas, outros corpos celestes também se formaram a partir do material remanescente da nebulosa, como asteroides, cometas e satélites naturais. Muitos desses corpos preservam características do início do Sistema Solar, sendo importantes fontes de informação para o estudo de sua origem e evolução.

3 ORIGEM DA VIDA NA TERRA

Assim como ocorre com o Universo, a origem da vida é discutida a partir de diferentes explicações, **teorias** e **hipóteses** científicas construídas ao longo da história.

¿ que são teorias?

São explicações abrangentes e fundamentadas que descrevem fenômenos relacionados. São baseadas em observações e testes sistemáticos de hipóteses capazes de prever resultados futuros, contudo, não são infalíveis e nem verdades absolutas, logo, podem ser refutadas.

¿ que é uma hipótese?

Corresponde ao ponto de partida para uma investigação científica. Traz uma sugestão inicial, porém, testável sobre um fenômeno.

3.1 Teoria da Geração espontânea ou Abiogênese

Ideia antiga de que a vida poderia surgir espontaneamente a partir da matéria não viva sob ação de um princípio vital para que a matéria inanimada se tornasse viva. Essa concepção teve entre os seus defensores o filósofo grego Aristóteles (384 a.C.-322 a.C.), o médico e alquimista belga Van Helmont (1580 - 1644) e o médico e naturalista Félix Archimède Pouchet (1800-1876).

Van Helmont afirmava que ratos poderiam se formar espontaneamente quando roupas sujas eram colocadas junto a grãos de trigo, após cerca de 21 dias. Atualmente, sabe-se que essa ideia estava incorreta, pois os ratos apenas entravam no local atraídos pelo alimento. O experimento é importante por representar uma etapa histórica no desenvolvimento do pensamento científico e do método experimental.



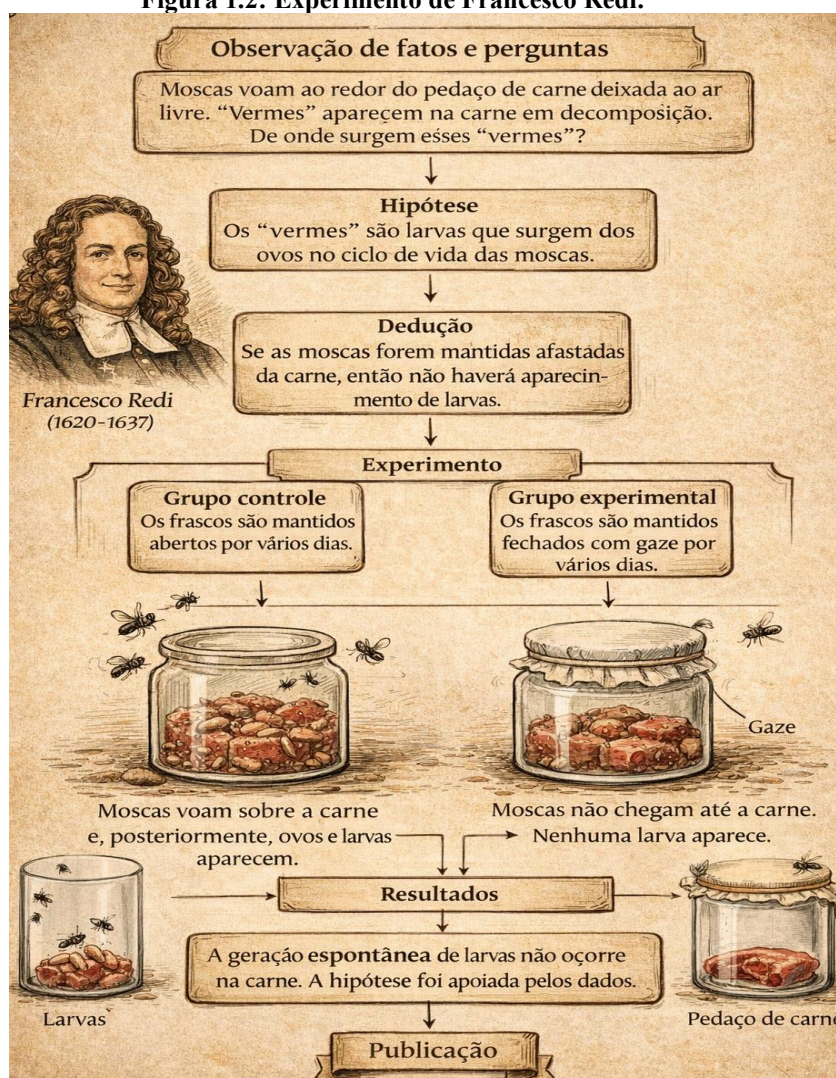
Fonte: Elaborada pelos autores. Imagem ilustrativa produzido por IA. ChatGPT (OpenAI), 2026.

A teoria da Geração espontânea foi amplamente aceita até ser questionada por outros experimentos científicos.

3.2 Teoria da biogênese

A Teoria da Biogênese (do grego *bios*, “vida”, e *genesis*, “origem”) afirma que todo ser vivo surge, por reprodução, de outro ser vivo preexistente. Experimentos de cientistas como Francesco Redi (1626 - 1668) (Figura 1.2), John Needham (1713-1781), Lazzaro Spallanzani (1729 - 1799) e Louis Pasteur (1822 - 1895) são apresentados como fundamentais para comprovar essa teoria e refutar a geração espontânea.

Figura 1.2: Experimento de Francesco Redi.



Fonte: Adaptado de TORTORA *et al.*, 2017. Imagem ilustrativa produzido por IA. ChatGPT (OpenAI), 2026.

O experimento conduzido por Redi gerou um sério abalo na credibilidade das explicações para origem da vida a partir de um princípio vital. O confronto entre os abiogenistas e os biogênistas perdurou

por séculos. E em um novo capítulo dessa longa disputa o naturalista francês Félix-Archimède Pouchet (1800–1872), um dos mais proeminentes defensores da geração espontânea, elaborou e conduziu um experimento que trouxe de volta a credibilidade dos abiogênistas (Figura 1.3).

Figura 1.3: Experimento de Pouchet

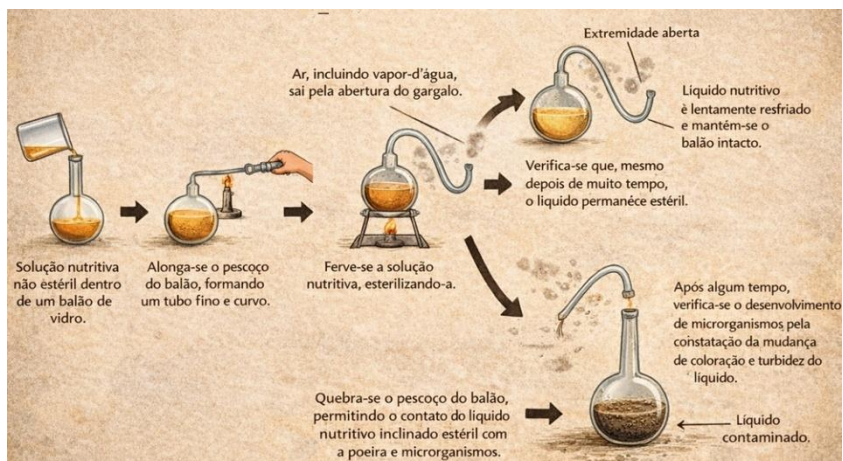


Fonte: Elaborada pelos autores. Imagem ilustrativa produzido por IA. ChatGPT (OpenAI), 2026.

O desfecho do confronto entre os defensores das duas teorias, abiogênese e biogênese, só ocorreu quando a Academia de Ciências da França ofereceu um prêmio a quem realizasse experimentos que esclarecesse de uma vez por todas a questão.

O químico e microbiologista francês Louis Pasteur (1822–1895) conduziu seu experimento (Figura 1.4), que consistia na utilização de frascos com gargalos curvos ("pescoço de cisne") com caldo nutritivo fervido para provar a biogênese. A curvatura nos gargalos dos frascos impedia microrganismos de entrar, mantendo assim o caldo estéril, mas ao quebrar o gargalo, micróbios (microrganismo) surgiam. Desta forma Pasteur conseguiu provar que a vida só pode surgir de outra vida preexistente, colocando fim a séculos de discussão.

Figura 1.4: Experimento de Louis Pasteur



Fonte: Adaptado de MADIGAN, *et al.*, 2016; TORTORA *et. al.*, 2017. Imagem ilustrativa produzido por IA. ChatGPT (OpenAI), 2026.

Como vimos, o experimento conduzido por Pasteur pôs fim à discussão entre abiogênistas e biogênistas. Ficou provado que a vida só pode existir a partir de vida preexistente. Contudo isso gerou um novo questionamento no mundo científico a respeito das origens da vida. Se a vida só pode ser gerada de outra vida, quando surgiu o primeiro ser vivo?

Para responder a esse questionamento é necessário voltarmos aos primórdios do surgimento do nosso planeta, um período da história da terra em que as condições eram totalmente diferentes daquelas que conhecemos atualmente.

3.3 A Terra primitiva e a origem dos primeiros seres vivos

A Terra primitiva corresponde ao período inicial da história do planeta, iniciado há cerca de 4,6 bilhões de anos, logo após sua formação. Nesse estágio, a Terra apresentava condições extremas, muito diferentes das atuais. As temperaturas eram extremamente altas e resultavam da recente formação do planeta, intensa atividade vulcânica e frequentes impactos de meteoritos. O vulcanismo intenso liberava grandes quantidades de gases para a atmosfera. A atmosfera nesse período não tinha oxigênio livre e era composta principalmente por metano (CH_4), amônia (NH_3), hidrogênio (H_2), vapor d'água e gás carbônico (CO_2). A ausência de camada de ozônio permitia a incidência direta de frequentes descargas elétricas e forte radiação ultravioleta (Figura 1.5).

Figura 1.5: Condições da Terra primitiva e origem da vida.



Fonte: Adaptado de Amabis & Martho, 2024. Imagem ilustrativa produzido por IA. ChatGPT (OpenAI), 2026.

Como se pode observar, as condições da terra logo após sua origem não lhe permitiam abrigar a vida. Contudo o seu resfriamento gradual permitiu a condensação do vapor d'água e a formação dos

primeiros corpos d'água. O surgimento de ambientes aquáticos favoreceu a ocorrência de reações químicas que originaram moléculas que antecederam as primeiras formas de vida.

Nos oceanos primitivos, ocorreram intensas reações químicas envolvendo substâncias simples dissolvidas na água, como metano, amônia, hidrogênio e gás carbônico. A energia proveniente das descargas elétricas, do calor vulcânico e da radiação ultravioleta favoreceu a transformação dessas substâncias em moléculas orgânicas simples, como aminoácidos, açúcares e bases nitrogenadas, que se acumularam na chamada “sopa primordial”. Com o tempo, essas moléculas passaram a interagir e a se organizar em estruturas mais complexas. Entre elas destacam-se os coacervados, agregados de moléculas orgânicas envoltos por uma espécie de membrana rudimentar, capazes de manter um ambiente interno diferente do externo. Embora não fossem seres vivos, os coacervados representaram um passo importante na origem da vida, pois possibilitaram a concentração de substâncias químicas e a realização de reações metabólicas simples, abrindo caminho para o surgimento das primeiras células.

3.3.1 Hipóteses sobre a origem da vida na Terra

- **Hipótese Heterotrófica:** A hipótese heterotrófica afirma que as primeiras formas de vida na Terra eram organismos simples, unicelulares e heterótrofos, ou seja, não produziam seu próprio alimento. Esses seres obtinham energia e matéria a partir de substâncias orgânicas já existentes no ambiente. Segundo essa hipótese, na Terra primitiva havia grande quantidade de moléculas orgânicas acumuladas nos oceanos, formando a chamada sopa primordial, resultado da evolução química. Os primeiros seres vivos utilizavam essas moléculas como fonte de energia por meio de processos metabólicos simples, como a fermentação, já que a atmosfera primitiva não possuía oxigênio livre e, portanto, não permitiria que os primeiros seres usassem a respiração como forma de obter energia.

- **Hipótese Autotrófica:** A hipótese autotrófica propõe que as primeiras formas de vida na Terra eram organismos autótrofos, capazes de produzir seu próprio alimento a partir de substâncias inorgânicas do ambiente, sem depender de matéria orgânica previamente existente. Para essa hipótese, os primeiros seres vivos utilizavam fontes de energia disponíveis na Terra primitiva, como a energia química liberada em reações entre substâncias inorgânicas (quimiossíntese), especialmente em ambientes como fontes hidrotermais. Alguns autores também consideram que, posteriormente, teria surgido a fotossíntese, processo de obtenção de energia que utiliza a radiação solar. A vantagem dos organismos autotróficos em relação aos organismos heterotróficos seria a independência alimentar. O surgimento de organismos fotossintetizantes contribuiu para o aumento gradual do oxigênio na atmosfera, modificando profundamente o planeta. Embora menos aceita que a hipótese heterotrófica,

a hipótese autotrófica é importante para compreender possíveis caminhos evolutivos iniciais da vida na Terra.

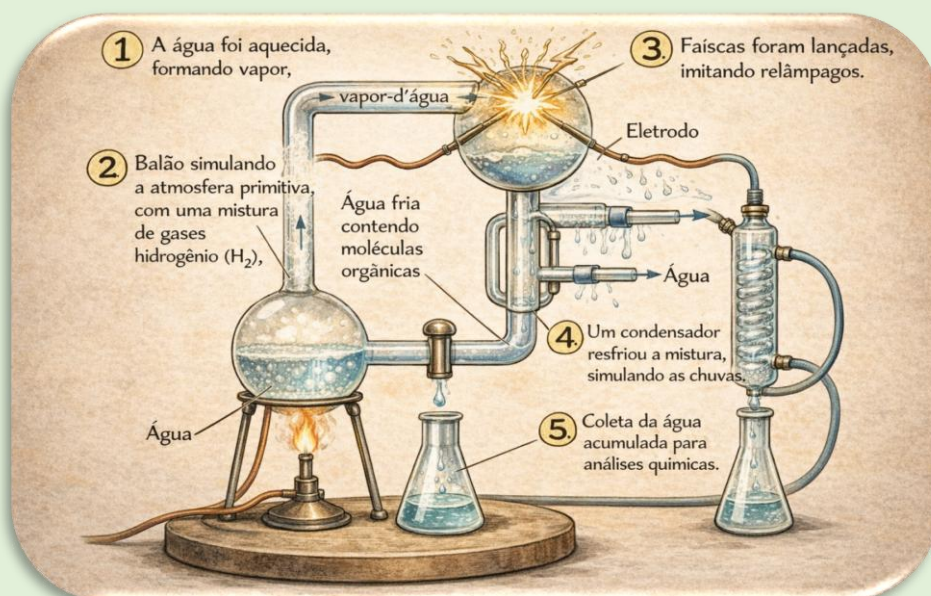
- **Hipótese da Panspermia cósmica:** A panspermia cósmica é a hipótese que propõe que a vida não se originou na Terra, mas teria chegado ao planeta vinda do espaço. Segundo essa ideia, microrganismos ou moléculas orgânicas capazes de originar a vida teriam sido transportados por meteoritos, cometas ou poeira cósmica, alcançando a Terra primitiva. Esses organismos ou compostos teriam resistido às condições extremas do espaço, como baixas temperaturas e radiação, e, ao atingirem a Terra, encontraram um ambiente favorável para se desenvolver. A panspermia não explica como a vida surgiu originalmente, apenas sugere sua disseminação pelo universo. Essa hipótese é apoiada pela descoberta de moléculas orgânicas em corpos celestes, como meteoritos e nuvens interestelares, mas ainda não há evidências diretas de que formas de vida tenham realmente chegado à Terra dessa maneira.

- **Hipótese da Evolução Química:** Proposta por Aleksandr I. Oparin (1894–1980) e John Burdon S. Haldane (1892–1964), essa hipótese sugere que a vida surgiu a partir de reações químicas ocorridas na Terra primitiva. Para eles, a Terra primitiva era composta por vapor-d'água e pelos gases amônia, hidrogênio e metano que, a partir da energia proveniente da radiação ultravioleta e de descargas elétricas, reagiram quimicamente, originando moléculas orgânicas simples. Essas moléculas foram transportadas pela chuva para os mares rasos e quentes, formando a chamada “sopa nutritiva”. Posteriormente, as moléculas orgânicas simples se combinaram, dando origem a moléculas orgânicas mais complexas, que se organizaram em sistemas semi-isolados do meio, denominados **coacervados**.

A hipótese de Oparin e Haldane foi testada pelos químicos Stanley Miller e Harold Urey em 1953. No experimento, Miller e Urey simularam as condições da Terra primitiva, demonstrando a possível formação de aminoácidos a partir de substâncias simples.

O experimento de Miller e Urey

Miller e Urey desenvolveram um aparato experimental para reproduzir as condições existentes na Terra primitiva. Em um sistema fechado, a água contida em um frasco era aquecida, produzindo vapor, o qual promovia a circulação contínua no interior do equipamento. Durante esse percurso, o vapor atravessava um compartimento no qual eram introduzidos os gases propostos por Oparin e Haldane para representar a atmosfera primitiva. Nesse ambiente, eram geradas descargas elétricas, simulando os raios que provavelmente ocorriam com frequência naquele período. Posteriormente, a mistura gasosa passava por um processo de resfriamento, representando a condensação nas camadas mais altas da atmosfera e a consequente formação das chuvas. A água líquida resultante acumulava-se na parte inferior do sistema, simulando os mares primitivos. Ao analisarem amostras dessa água, Miller e Urey constataram a formação de moléculas orgânicas, como alguns aminoácidos, componentes fundamentais das proteínas.



Fonte: Adaptado de REECE, J. B. *et al.*, 2015. *Imagem ilustrativa produzido por IA. ChatGPT (OpenAI), 2026.*

3.4 Outras Explicações para as origens da vida

• Criacionismo

Explicação de natureza religiosa para a origem da vida, segundo a qual o universo, o planeta terra e todos seres vivos teriam sido criados por uma divindade dotada de poder supremo.

CRISTIANISMO

Se baseia: Na crença em Jesus Cristo como forma de alcançar a salvação.

Divindade: Deus

Livro sagrado: Bíblia

Origem da Vida: Criação de Adão e Eva

ISLAMISMO

Se baseia: Na crença em Maomé como forma de alcançar o paraíso.

Divindade: Allah

Livro sagrado: Alcorão

Origem da Vida: Criação de Adão e Eva

BUDISMO

Se baseia: Na crença na iluminação individual através da sabedoria

Divindade: Não a um Deus criador

Livro sagrado: Tripitaka

Origem da Vida: Reencarnação



Povos indígenas como o povo Yanomami atribuem a criação e organização do mundo e de tudo que nele existe a Omama a entidade que criou a terra, as árvores, os rios, as montanhas e o homem.

Para o povo Tukano o mundo foi construído por Yepa-oãku e Yepalio, filhos de Buhpo uma divindade que vivia para além do domínio da matéria.

Para Saber Mais!



Astrobiologia: Do caos primordial ao planeta em acelerado aquecimento

Ao estudar como a vida surgiu em um planeta jovem, quente e instável, a astrobiologia não olha apenas para o passado distante ou para mundos alienígenas. Ela também lança luz sobre o futuro da própria Terra.

A astrobiologia é o campo científico dedicado a compreender a origem, a evolução e a possibilidade de existência da vida no Universo. Reunindo biologia, química, física, astronomia e geologia, essa área investiga desde os primeiros passos da vida na Terra até a busca por organismos em outros planetas. No entanto, um aspecto cada vez mais relevante da astrobiologia é a conexão entre as condições da Terra primitiva e os cenários futuros previstos para o nosso planeta diante do aquecimento global.

A Terra primitiva, há cerca de 4 bilhões de anos, apresentava condições extremamente diferentes das atuais. A atmosfera era rica em gases como metano, amônia, hidrogênio e vapor d'água, com pouquíssimo oxigênio livre. A atividade vulcânica intensa, as altas temperaturas e a constante incidência de radiação solar e descargas elétricas criavam um ambiente energeticamente ativo. Paradoxalmente, foi nesse cenário hostil que surgiram as primeiras moléculas orgânicas e, posteriormente, as primeiras formas de vida.

Ao reconstruir esse passado, a astrobiologia fornece um modelo natural de como sistemas biológicos podem emergir e persistir em ambientes instáveis. Esse conhecimento torna-se especialmente relevante quando se observa o atual processo de aquecimento global. O aumento acelerado da temperatura média do planeta, impulsionado pela intensificação do efeito estufa, vem alterando a composição da atmosfera, os ciclos biogeoquímicos e a estabilidade dos ecossistemas — fatores que lembram, em certa medida, a dinâmica turbulenta da Terra primitiva.

As previsões científicas indicam que o aquecimento global pode levar a um planeta mais quente, com eventos climáticos extremos, elevação do nível dos oceanos e alterações químicas na atmosfera e nos oceanos. Embora essas mudanças ocorram em um contexto completamente diferente daquele que deu origem à vida, elas levantam questões centrais para a astrobiologia: até que ponto a vida é resiliente às transformações ambientais? Quais limites podem ser ultrapassados antes que a habitabilidade de um planeta seja comprometida?

Estudos com organismos extremófilos — capazes de sobreviver em altas temperaturas, ambientes ácidos ou com baixo oxigênio — sugerem que a vida pode persistir mesmo sob condições severas, assim como ocorreu nos primórdios da Terra. No entanto, a astrobiologia também alerta que a adaptação biológica não acontece na mesma velocidade das mudanças climáticas atuais, o que pode resultar em extinções em larga escala, mesmo que a vida, em um sentido amplo, continue existindo.

Ao observar outros planetas e luas, os astrobiólogos aprendem que a habitabilidade não é um estado permanente, mas um equilíbrio delicado entre fatores físicos, químicos e biológicos. Essa perspectiva reforça uma lição fundamental: a Terra, assim como qualquer outro planeta habitável, pode perder suas condições favoráveis à vida complexa se esse equilíbrio for rompido.

Dessa forma, a astrobiologia ultrapassa a busca por vida extraterrestre e se torna uma ferramenta poderosa para compreender o destino do nosso próprio planeta. Ao comparar o passado remoto da Terra com os possíveis cenários futuros moldados pelo aquecimento global, essa ciência nos lembra que a vida é resiliente — mas não indestrutível — e que a manutenção da habitabilidade terrestre depende, cada vez mais, das escolhas feitas pela humanidade no presente.

Estudar a vida no Universo é, em última análise, estudar os limites e as possibilidades da vida na Terra.

EXERCÍCIO

- 1- Porque o texto afirma que a astrobiologia vai além da busca por vida extraterrestre?
- 2- Porque a habitabilidade de um planeta não pode ser considerada um estado permanente?
- 3- Segundo o texto, por que a existência de organismos extremófilos é relevante para as reflexões da astrobiologia sobre o aquecimento global?

DESAFIO

Discorra sobre as semelhanças e diferenças existentes entre as condições da Terra primitiva e o cenário atual de aquecimento global, avalie até que ponto a resiliência da vida pode garantir sua continuidade diante das rápidas transformações ambientais pelas quais o planeta vem passando ultimamente.

ATIVIDADE

Questão 1 (UEA 2016). No século XVII, o cientista italiano Francesco Redi questionou se organismos vivos poderiam se originar da matéria inanimada ou apenas de outros organismos vivos. Em busca de uma resposta, realizou um experimento que consistiu em colocar pedaços de carne fresca em três frascos de vidro. Um dos vidros foi imediatamente vedado com uma tampa, o outro foi imediatamente coberto com gaze, e o outro permaneceu aberto. Em pouco tempo, moscas aproximaram-se dos vidros, mas só conseguiram pousar na carne do vidro que ficou aberto. Após alguns dias, a carne deste vidro estava repleta de larvas.

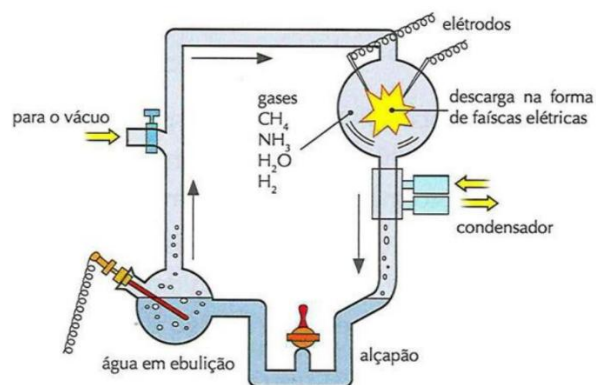
Considerando as etapas do método científico, é correto afirmar que este experimento

- a) não permitiu resultados conclusivos, pois dois dos frascos permaneceram fechados.
- b) permitiu concluir que o ar é necessário para o crescimento das larvas de moscas.
- c) fortaleceu a teoria da abiogênese.
- d) comprovou que pedaços de carne mantidos em frascos cobertos não se deterioram.
- e) usou um dos frascos como controle para testar uma hipótese.

Resposta: Alternativa E

Questão 2 (PUCSP). Na figura abaixo, temos representado um aparelho projetado por Stanley Miller, no início da década de 1950. Por esse aparelho circulavam metano, amônia,

vapor de água e hidrogênio e, através de energia fornecida por descarga elétrica, produtos de reações químicas como aminoácidos, carboidratos e ácidos graxos eram coletados no alcapão.



Através desse experimento, Miller testou a hipótese de que, na atmosfera primitiva pela ação de raios,

- a) compostos orgânicos puderam se formar a partir de moléculas simples.
- b) compostos inorgânicos puderam se formar a partir de moléculas orgânicas.
- c) compostos inorgânicos e orgânicos puderam originar os primeiros seres vivos.
- d) macromoléculas puderam se formar a partir de moléculas orgânicas simples.
- e) coacervados puderam se formar a partir de moléculas inorgânicas.

Resposta: Alternativa A

Questão 3 (Udesc 2018). Assim como nos séculos passados, também hoje, o ser humano busca o autoconhecimento para compreender sua relação com a natureza e com a sociedade.

Nesse sentido, surgem algumas perguntas como “Quem somos nós?”, “De onde viemos?”, “Para onde iremos?”. Na tentativa de responder a essas perguntas, e explicar como teria surgido a vida em nosso planeta, várias hipóteses foram formuladas por filósofos e cientistas, ao longo dos séculos.

Assinale a alternativa correta em relação às principais hipóteses sobre a origem da vida.

- a) A hipótese do Fixismo não acompanha as narrações religiosas sobre a criação da vida na Terra e tem como princípio a geração espontânea.
- b) Em 1936, Alexander Oparin propõe uma explicação para a origem da vida sobre determinadas condições da atmosfera primitiva que propiciou o desenvolvimento de uma “sopa de proteínas” no ambiente aquático, dando origem aos coacervados, caracterizados como “células primitivas”.
- c) A hipótese da geração espontânea propôs que os seres vivos teriam surgido nas profundezas do mar, na ausência de luz e oxigênio.
- d) A Cosmogonia é a hipótese que admite que a vida foi “implantada” na terra por motivações de seres extraterrestres.
- e) Alexander Oparin comprovou sua hipótese da origem da vida simulando a formação de coacervados por meio de experimentos controlados em laboratório e, por isso, esta hipótese é amplamente aceita pela comunidade científica.

Resposta: Alternativa B

Questão 4 (Uece 2018). De acordo com as teorias sobre a origem da vida, é correto afirmar que

- a) a biogênese representa as teorias que consideravam possível o surgimento da vida a partir de compostos inorgânicos e de outros mecanismos que não sejam a reprodução.
- b) a teoria da geração espontânea ou abiogênese considera que os seres vivos surgem somente pela reprodução, indiferente das espécies envolvidas nesse evento.
- c) segundo a panspermia, a vida teve origem a partir de seres vivos oriundos de outros locais do cosmo: essa é a teoria mais aceita até hoje em função das comprovadas atividades extraterrestres na Terra.
- d) para a teoria da evolução molecular, a vida é resultado da combinação de compostos inorgânicos em moléculas orgânicas simples que se complexaram até atingirem a capacidade de autoduplicação e metabolismo.

Resposta: Alternativa D

Questão 5 (Prof. Romeu). Durante uma aula de Ciências, o professor explicava à turma o conteúdo sobre as teorias da origem da vida. O professor pediu aos estudantes para prestarem bastante atenção na seguinte situação:

“Certa vez fui regar as plantas que tenho em minha residência. Deixei um pouco de água em um vaso próximo das plantas e alguns dias depois surgiram na água, muitas larvas do mosquito *Aedes aegypti*, transmissor de doenças, entre elas a dengue”.

Em seguida, o professor escreveu na lousa as questões a seguir. Responda as questões, baseando-se nas teorias apresentadas.

- a) Como a teoria da Abiogênese explicaria a situação contada pelo professor?
- b) Como a teoria da Biogênese explicaria a situação contada pelo professor?

Resposta: Segundo a teoria da Abiogênese (ou geração espontânea), as larvas do mosquito teriam surgido espontaneamente a partir da água parada, sem a necessidade de um ser vivo pré-existente. Essa teoria defendia que a vida poderia aparecer diretamente da matéria não viva, em condições favoráveis, como água e calor.

*De acordo com a teoria da Biogênese, todo ser vivo se origina de outro ser vivo. Nesse caso, a explicação correta é que mosquitos *Aedes aegypti* adultos fêmeas colocaram ovos na água parada, e desses ovos surgiram as larvas após alguns dias.*

Questão 6 UFRGS (2020). Cientistas encontraram compostos de ferro, cianeto e monóxido de carbono em meteoritos que bombardearam a Terra durante sua formação, o que pode fornecer pistas sobre a origem da vida no planeta. Essa composição assemelha-se à hidrogenase, enzima que quebra o hidrogênio: “É possível que esses complexos de cianeto, ferro e monóxido de carbono tenham sido precursores para as ações das enzimas e depois incorporados a proteínas”, acredita Karen Smith, pesquisadora sênior de Boise.

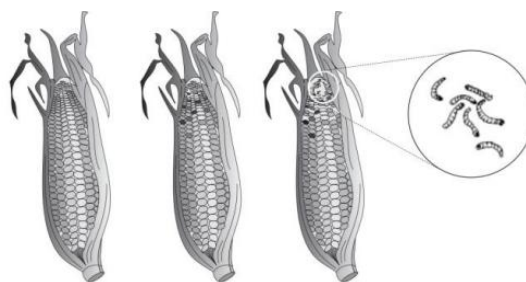
Adaptado de: Redação Galileu, 27/06/2019. Disponível em: <<https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/Espaco/noticia/2019/06/venenoem-meteoritos-fornece-pistas-sobre-origem-da-vida-na-terra.html>>. Acesso em: 12 jun. 2019.

Em relação às teorias de origem da vida no planeta Terra, é correto afirmar que

- a) a notícia reforça a possibilidade da vinda de seres vivos de outros planetas, tal como postulado por Pasteur em 1860.
- b) a teoria da biogênese argumenta que os primeiros seres vivos surgiram a partir da matéria inanimada.
- c) os primeiros seres vivos que surgiram na Terra foram os coacervatos, formados por um agregado de moléculas inorgânicas.
- d) a teoria da geração espontânea sustenta que os seres vivos surgiram a partir de moléculas orgânicas da atmosfera primitiva.
- e) os experimentos de Redi com pedaços de carne, no século XVII, corroboram a teoria da biogênese.

Resposta: Alternativa E

Questão 7 (UFMG) Observe a figura



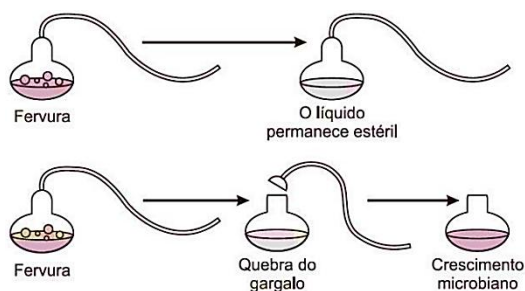
É CORRETO afirmar que a presença de lagartas em espigas de milho se deve:

- a) ao processo de geração espontânea comum aos invertebrados.
- b) à transformação dos grãos em lagartas.
- c) ao desenvolvimento de ovos depositados por borboletas.
- d) ao apodrecimento do sabugo e dos grãos.

e) ao princípio ativo presente no milho.

Resposta: Alternativa C

Questão 8 (UPE – PE). O experimento, utilizando-se de frascos de vidro, com o formato de “pescoço de cisne”, contendo um “caldo nutritivo” e submetido primeiramente ao isolamento e posteriormente à exposição ao ar, conforme figura abaixo foi usado para se provar a origem da vida.



O autor e a teoria por ele provada foram, respectivamente:

- a) Charles Darwin e Teoria da Evolução.
- b) Francesco Redi e Teoria da Abiogênese.
- c) Aristóteles e Teoria da Geração Espontânea.
- d) Louis Pasteur e Teoria da Biogênese.
- e) Louis Joblot e Teoria da Seleção Natural.

Resposta: Alternativa D

Questão 9 (UEA 2024). Stanley Miller e Harold Urey construíram um aparelho para

testar a hipótese de Oparin e Haldane sobre a origem das primeiras moléculas orgânicas. Nesse aparelho foi inserida uma mistura de substâncias (gás hidrogênio, amônia, metano, vapor d'água) e descargas elétricas.

Após um tempo ligado, foram detectadas, em um reservatório desse aparelho, moléculas orgânicas simples de

- a) polissacarídeos.
- b) polipeptídeos.
- c) ácidos nucleicos.
- d) glicerídeos.
- e) aminoácidos.

Resposta: Alternativa E

Questão 10 (PUCRS). Recentes descobertas sobre Marte, feitas pela NASA, sugerem que o Planeta Vermelho

pode ter tido vida no passado. Esta hipótese está baseada em indícios

- a) da existência de esporos no subsolo marciano.
- b) da presença de uma grande quantidade de oxigênio em sua atmosfera.
- c) de marcas deixadas na areia por seres vivos.
- d) da existência de água líquida no passado.
- e) de sinais de rádio oriundos do planeta.

Resposta: Alternativa D

REFERÊNCIAS

AMABIS, J. M. & MARTHO, G. R. **Moderna Plus Biologia** .1. ed. -- São Paulo: Moderna, 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018.

MADIGAN, M. T., MARTINLKO, J. M., BENDER, K. S., BUCKLEY, D. H., STAHL, D. A., FONSECA, F. G. **Microbiologia de Brock**. 14. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016. p. 16.

OPENAI. **ChatGPT**. Imagem ilustrativa produzida por inteligência artificial para fins didáticos. Disponível em: <https://chat.openai.com>. Acesso em: 29 jan. 2026.

REECE, J. B.; WASSERMAN, S.A.; URRY, L.A.; CAIN, M. L.; MINORSKY, P. V.; JACKSON, R. B.; MACHADO, D. C.; RENARD, G.; OLIVEIRA, P. L. **Biologia de Campbell**. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

TORTORA, Gerard J.; FUNKE, Berdell R.; CASE, Christine L. **Microbiologia**. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TREFIL, J.; HAZEN, R. **The sciences: an integrated approach**. 6. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2010.

CAPÍTULO 02. EVOLUÇÃO

Neste capítulo, serão abordadas as principais teorias evolutivas construídas historicamente, desde as concepções fixistas até as contribuições de Lamarck, Darwin e da Teoria Sintética da Evolução (neodarwinismo). O capítulo também discutirá os mecanismos responsáveis pela evolução das espécies, como mutações, recombinação genética, seleção natural, deriva genética e fluxo gênico. Além disso, serão analisadas as principais evidências científicas que sustentam a teoria da evolução, incluindo o registro fóssil, a anatomia comparada, a embriologia e a biologia molecular.

Expectativas de Aprendizagem

Ao final do estudo, espera-se que os estudantes sejam capazes de:

- Reconhecer o tempo e o espaço como elementos das transformações da vida.
- Relacionar a evolução dos seres vivos à adaptação em diferentes ambientes.
- Diferenciar as teorias que explicam a evolução dos seres vivos.
- Reconhecer as principais evidências que sustentam a teoria da evolução.
- Reconhecer os fatores naturais como elementos essenciais para os processos de especiação, crescimento e distribuição das diversas formas de vida.
- Distinguir os fatores evolutivos que influenciam o aumento e a diminuição da variabilidade genética.
- Relacionar as variações climáticas à seleção natural.
- Conceituar espécie biológica.
- Identificar os principais grupos de primatas e suas características comuns com os seres humanos.

Habilidades da FCB

(EMI3CNT201) Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente.

(EMI3CNT208) Aplicar os princípios da evolução biológica para analisar a história humana, considerando sua origem, diversificação, dispersão pelo planeta e diferentes formas de interação com a natureza, valorizando e respeitando a diversidade étnica e cultural humana.

Habilidades ENEM

(ENEM_C4_H13) Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevendo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos.

(ENEM_C4_H16) Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.

(ENEM_C6_H22) Compreender fenômenos decorrentes da interação entre a radiação e a matéria em suas manifestações em processos naturais ou tecnológicos, ou em suas implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais.

(ENEM_C8_H28) Associar características adaptativas dos organismos com seu modo de vida ou com seus limites de distribuição em diferentes ambientes, em especial em ambientes brasileiros.

1. PENSAMENTO EVOLUCIONISTA

A compreensão de que as populações de seres vivos se transformam ao longo do tempo foi construída a partir de um longo processo de debates científicos e sociais. A aceitação das ideias evolutivas não ocorreu de forma simples ou consensual, sendo marcada por intensas controvérsias entre pesquisadores, instituições e diferentes setores da sociedade. Essas discussões envolveram não apenas aspectos científicos, mas também questões filosóficas, religiosas e culturais.

Existem correntes de pensamento que defendem que a origem dos seres vivos está associada à ação de um poder supremo, responsável pela criação de todas as formas de vida, inclusive do ser humano, conforme descrito em diferentes tradições e textos religiosos. Essa perspectiva é conhecida como **criacionismo** e sustenta que a complexidade e a organização observadas nos organismos vivos seriam evidências de uma criação intencional realizada por uma divindade. Associada ao criacionismo está a concepção fixista, segundo a qual as espécies permanecem essencialmente imutáveis ao longo do tempo, sem sofrer transformações significativas em suas características biológicas.

Entre os principais defensores do fixismo destacou-se o naturalista Carl von Linné (Lineu), criador do sistema de classificação dos seres vivos. Embora Lineu tenha organizado os organismos de acordo com suas semelhanças, ele acreditava que as espécies haviam sido criadas de forma definitiva e não poderiam se modificar.

Entretanto, no decorrer da história da ciência, diferentes propostas foram elaboradas para explicar a evolução dos organismos.



Sugestão de Vídeo: TEORIAS EVOLUCIONISTAS: Entenda as Bases da Evolução!

<https://www.youtube.com/watch?v=4oURe4cXEWk>
(Canal Ciência). Duração: 6'23"

1.1 Ideias evolucionista de Lamarck

A teoria de Lamarck ou Lamarckismo foi proposta no início do século XIX pelo naturalista francês **Jean-Baptiste Pierre Antoine de Monet**, que defendia a ideia de que as espécies não eram fixas, mas se modificavam gradualmente em resposta às condições do ambiente. Sua teoria baseava-se em dois princípios:

- **Lei do uso e desuso:** segundo esse princípio, o uso frequente de uma estrutura do corpo poderia aumentar a capacidade, o tamanho ou a aptidão de tal estrutura. O desuso, ao contrário, poderia causar uma diminuição de sua capacidade ou de seu tamanho e mesmo provocar o desaparecimento da estrutura ou do órgão (Figura 2.1).
- **Lei herança dos caracteres adquiridos:** de acordo com esse princípio, as características que os indivíduos adquirem em sua vida são transmitidas aos descendentes (Figura 2.1).



Fenocópia

É o fenômeno em que um organismo manifesta uma característica (fenótipo) semelhante ao de uma mutação genética, porém sem que ocorra alteração em seu material genético. Essa característica surge devido à ação de fatores ambientais, como temperatura, alimentação ou agentes químicos, e não é transmitida aos descendentes, pois não envolve mudanças no DNA.

Embora incorreta para a atualidade em seus mecanismos, a teoria de Lamarck foi importante por introduzir a época a ideia de que as espécies se adaptam ao ambiente ao longo do tempo.

Figura 2.1: A evolução do focinho do tamanduá segundo Lamarck.



Fonte: Elaborada pelos autores. Imagem ilustrativa produzido por IA. ChatGPT (OpenAI), 2026.

1.2 Ideias evolucionista de Darwin



Fonte: <https://www.todamateria.com.br/darwinismo/>

Charles Darwin inicialmente acreditava que as espécies eram imutáveis. No entanto, passou a questionar essa concepção durante uma viagem de cinco anos (1831–1836) ao redor do mundo, na qual atuou como naturalista a bordo do navio inglês *H.M.S. Beagle*. Durante a expedição, Darwin conheceu diversas regiões, coletou espécimes e realizou observações fundamentais para o desenvolvimento do que viria a ser sua teoria da evolução biológica.



Sugestão de Vídeo: O que é a teoria da evolução de Charles Darwin e o que inspirou suas ideias revolucionárias

<https://www.youtube.com/watch?v=ambANBiHiCI>
(BBC NEWS). Duração: 5'52"

A bordo do *Beagle*, Darwin chegou ao arquipélago de **Galápagos**, onde observou que a flora e a fauna diferiam ligeiramente entre as ilhas. Um exemplo foram os tentilhões, aves que encontrou no arquipélago. Darwin notou que os tentilhões apresentavam diferenças no tamanho e na forma dos bicos e associou essas variações ao tipo de alimento disponível em cada ilha (Figura 2.2).

Ao retornar da expedição, em 1836, Darwin recebeu contribuições importantes de John Gould, ornitólogo que identificou os tentilhões das ilhas Galápagos como espécies do mesmo gênero, sugerindo a existência de um ancestral comum. Essas observações reforçaram a ideia de que novas espécies poderiam surgir a partir de ancestrais compartilhados.

Em 1838, Charles Darwin estudou o livro *Ensaio sobre o princípio da população humana*, de Thomas Malthus, no qual se defendia que as populações crescem mais rapidamente do que a produção de alimentos. A partir dessa ideia, Darwin estendeu o raciocínio de Malthus às demais espécies de seres vivos observadas durante sua expedição a bordo do *Beagle*, propondo, então, sua teoria evolucionista que aborda a **seleção natural**, segundo a qual:

- Os indivíduos apresentam variações;
- Algumas variações aumentam as chances de sobrevivência e reprodução;
- Os indivíduos mais adaptados tendem a deixar mais descendentes;
- As características vantajosas, ao longo do tempo, tornam-se mais frequentes na população.

1.3 Ideias evolucionista de Wallace

Alfred Russel Wallace foi um importante naturalista britânico do século XIX e teve papel fundamental na consolidação da teoria darwinista da evolução. De forma independente a Charles Darwin, Wallace chegou a conclusões semelhantes sobre o mecanismo da seleção natural, a partir de observações realizadas durante extensas expedições científicas, especialmente na Amazônia e no arquipélago Malaio.

Ao analisar a distribuição geográfica dos seres vivos e as variações existentes entre indivíduos de uma mesma espécie, Wallace percebeu que o ambiente atua como um fator decisivo na sobrevivência dos organismos. Indivíduos portadores de características mais adequadas às condições ambientais tendem a sobreviver e se reproduzir com maior sucesso, transmitindo essas características

Figura 2.2: Tentilhões de Darwin.



Fonte: <https://www.todamateria.com.br/darwinismo/>

às gerações seguintes. Esse processo explicaria, ao longo do tempo, a adaptação das espécies e o surgimento de novas formas de vida.

Em 1858, Wallace enviou a Darwin um manuscrito no qual apresentava suas ideias sobre a evolução por seleção natural. Ao reconhecer a semelhança entre essas ideias e suas próprias conclusões, Darwin, juntamente com Wallace, apresentou os trabalhos à Sociedade Lineana de Londres. Esse episódio marcou oficialmente o surgimento da teoria da evolução por seleção natural e impulsionou Darwin a publicar, no ano seguinte, a obra *A origem das espécies*.

Além de sua contribuição direta à teoria evolutiva, Wallace destacou-se como um dos fundadores da **biogeografia**, ao demonstrar que a distribuição das espécies está relacionada a fatores ambientais, geográficos e históricos. Suas observações fortaleceram e complementaram o pensamento darwinista, sendo essenciais para a aceitação da evolução como um dos princípios centrais da Biologia moderna.



Biogeografia

É o ramo da Biologia que estuda a distribuição dos seres vivos no espaço e no tempo, buscando compreender por que determinadas espécies ocorrem em certas regiões e não em outras. Ela analisa a influência de fatores como clima, relevo, solo, história geológica e barreiras naturais além de processos evolutivos, como dispersão, especiação e extinção. É fundamental para entender a biodiversidade e a evolução das espécies.

Para Saber Mais!



DARWINISMO SOCIAL

O darwinismo social foi uma corrente de pensamento surgida no século XIX que buscou aplicar, de forma indevida, os princípios da teoria da evolução por seleção natural, proposta por Charles Darwin, às relações sociais humanas. Ao defender que a sociedade funcionaria como a natureza, essa visão passou a sustentar a ideia de que alguns indivíduos ou grupos seriam naturalmente superiores a outros, legitimando desigualdades sociais profundas.

Nesse contexto, o darwinismo social contribuiu diretamente para a construção e manutenção do **racismo estrutural**. Ao associar características biológicas a capacidades intelectuais, morais e sociais, essa teoria reforçou a falsa crença de hierarquias raciais, colocando populações brancas europeias como superiores e povos negros, indígenas e outros grupos como inferiores. Dessa forma, a pobreza, a exclusão social e a marginalização desses grupos passaram a ser vistas como consequências “naturais”, e não como resultados de processos históricos de exploração, escravidão, colonização e desigualdade de oportunidades.

O racismo estrutural se manifesta justamente quando essas ideias se incorporam às instituições sociais, políticas e econômicas, influenciando o acesso desigual à educação, ao mercado de trabalho, à saúde e à justiça. O darwinismo social serviu, historicamente, como base ideológica para justificar o colonialismo, a escravidão, a segregação racial e políticas eugênicas, reforçando a exclusão sistemática de grupos racializados e perpetuando desigualdades ao longo do tempo.

É fundamental destacar que a teoria da evolução de Darwin não sustenta o racismo nem a superioridade de qualquer grupo humano. A ciência contemporânea demonstra que a espécie humana apresenta grande diversidade genética, sem divisões raciais biológicas. O racismo, portanto, é uma construção social e histórica, e não um fenômeno natural.

Assim, ao analisar o darwinismo social em diálogo com o racismo estrutural, torna-se evidente como interpretações pseudocientíficas foram utilizadas para legitimar desigualdades e violências. Compreender essa relação é essencial para promover o pensamento crítico, combater o racismo e fortalecer ações voltadas à equidade, à justiça social e ao respeito à dignidade humana.

EXERCÍCIO

- 1- Explique o que foi o darwinismo social e por que sua aplicação às relações sociais humanas é considerada indevida.
- 2- De que maneira o darwinismo social contribuiu para a construção e manutenção do racismo estrutural?

DESAFIO

O racismo não pode ser explicado a partir do Darwinismo. Relacione essa afirmação com os conhecimentos atuais sobre a diversidade genética humana.

2. TEORIA SINTÉTICA DA EVOLUÇÃO

A Teoria Sintética da Evolução, também conhecida como Neodarwinismo, surgiu na primeira metade do século XX a partir da integração das ideias de Charles Darwin sobre a seleção natural com os avanços da Genética, especialmente as leis de Mendel. Essa teoria explica a evolução como o resultado de mudanças nas frequências gênicas das populações ao longo do tempo, enfatizando que a evolução ocorre em populações, e não em indivíduos.

A teoria sintética da evolução considera a ação de três fatores evolutivos principais: Mutação gênica; recombinação gênica; e seleção natural.

A mutação gênica e a recombinação gênica promovem o aumento da variabilidade genética que proporcionam o surgimento de novas características entre os indivíduos de uma população. Já a seleção natural é responsável por selecionar os caracteres entre os indivíduos da população que conferem melhor adaptabilidade e reprodutibilidade no ambiente onde estão inseridos.

3. MECANISMOS DA EVOLUÇÃO

Denomina-se mecanismo de evolução todo processo biológico responsável por promover mudanças genéticas nas populações ao longo das gerações, culminando na diversidade e na adaptação dos seres vivos ao ambiente. Entre os principais mecanismos evolutivos destacam-se:

• **Mutação:** Consiste em alterações aleatórias no material genético (**DNA**) de um organismo, podendo ocorrer de forma espontânea ou induzida por agentes físicos, químicos ou biológicos. As mutações são a fonte primária da variabilidade genética, pois originam novos **genes** que podem ser transmitidos às gerações seguintes através de **células germinativas**. As mutações podem ser de três tipos: benéficas, neutras e deletérias. As mutações neutras são aquelas que não têm efeitos significativos sobre o organismo. As benéficas conferem vantagem adaptativa à espécie, aumentando suas chances de sobrevivência e reprodução. Já as deletérias reduzem a adaptabilidade dos seres e podem comprometer sua sobrevivência.



DNA

O ácido desoxirribonucleico (DNA) é a molécula responsável por armazenar e transmitir as informações genéticas dos seres vivos. Ela é formada por duas cadeias de nucleotídeos organizadas em uma dupla hélice. Cada nucleotídeo é constituído por três partes: uma pentose (desoxirribose), um grupo fosfato e uma base nitrogenada. As bases nitrogenadas do DNA são adenina (A), timina (T), citosina (C) e guanina (G). O DNA tem dois estágios morfológicos distintos a cromatina e o cromossomo.

Genes

São segmentos do DNA que contêm as informações necessárias para a produção de proteínas, responsáveis pelas características e funcionamento dos organismos. Eles determinam características hereditárias, como cor dos olhos, tipo sanguíneo e diversas funções metabólicas. São transmitidos dos pais para os filhos durante a reprodução e sua expressão pode variar de acordo com o ambiente e a regulação celular.

Células Germinativas

São células especiais responsáveis pela reprodução dos seres vivos. Elas dão origem aos gametas masculinos (Espermatozoides) e femininos (Ovócitos). Essas células são formadas nas gônadas dos machos (testículos) e das fêmeas (ovários) pela divisão celular meiótica.

• **Recombinação gênica:** mistura de genes durante a reprodução sexuada. Ocorre durante a meiose, especialmente nos processos de permutação (**crossing-over**) e na segregação independente dos cromossomos, além da fecundação. Esse mecanismo promove novas combinações de alelos já existentes, aumentando a diversidade genética dentro das populações, sem criar novos genes. A recombinação é fundamental para a variabilidade sobre a qual a seleção natural atua.

• **Seleção natural:** Ocorre quando indivíduos com características mais favoráveis ao ambiente apresentam maior sobrevivência e sucesso reprodutivo. Esses indivíduos tendem a deixar mais descendentes, e suas características tornam-se mais frequentes nas gerações seguintes.



Crossing-over

É o processo de troca de segmentos de DNA entre cromátides não-irmãs de cromossomos homólogos, que ocorre durante a prófase I da meiose, especificamente na subfase paquíteno. A troca ocorre após o emparelhamento dos cromossomos homólogos (sinapse) e resulta na recombinação genética, formando cromossomos com novas combinações de genes. O crossing-over aumenta a variabilidade genética dos gametas e dos descendentes e desempenha um papel fundamental na diversidade biológica e na evolução das espécies.

• **Deriva genética:** mudanças aleatórias nas frequências gênicas de uma população, sendo mais intensa em populações pequenas. Esse mecanismo pode levar à fixação ou à perda de alelos independentemente de seu valor adaptativo. Fenômenos como o **efeito do fundador** e o efeito gargalo são exemplos clássicos de deriva genética, pois reduzem a variabilidade genética populacional.



Efeito do fundador

O efeito do fundador ocorre quando uma nova população se forma a partir de poucos indivíduos, resultando em baixa diversidade genética e diferenças nas frequências gênicas em relação à população original. Em ambientes urbanos, a fragmentação de habitats isola populações em pequenos fragmentos, favorecendo esse efeito e reduzindo o fluxo gênico. Com o isolamento, a deriva genética se intensifica, podendo levar à diferenciação genética entre populações e, ao longo do tempo, contribuir para processos de especiação. Esses fenômenos evidenciam como a urbanização interfere na biodiversidade e nos processos evolutivos naturais.

O fluxo gênico ocorre através da troca de genes entre diferentes populações. Essa permuta contribui para o aumento da diversidade genética das populações cruzantes e reduz diferenças genéticas entre os grupos, influenciando assim o processo evolutivo por meio da introdução de novos alelos ou pela modificação de frequência.

Em conjunto, esses mecanismos atuam de forma integrada, promovendo a variabilidade genética e direcionando a evolução das populações ao longo do tempo, explicando a diversidade biológica observada na natureza.

4. EVIDÊNCIAS DE EVOLUÇÃO

4.1 Registro Fóssil

São restos ou vestígios de organismos que viveram no passado e ficaram preservados ao longo do tempo. Esses vestígios podem incluir ossos, dentes, pegadas registradas em rochas, fezes fossilizadas, animais preservados no gelo, troncos de árvores petrificados, entre outros exemplos. A análise dos fósseis permite aos cientistas inferir características como o tamanho, a forma e o modo de vida dos organismos antigos, possibilitando a reconstrução aproximada de como eram esses seres quando estavam vivos, revelando as transformações das espécies (Figura 2.3).

4.2 Anatomia Comparada

A anatomia comparada analisa semelhanças e diferenças entre estruturas corporais de diferentes organismos.

4.2.1 Estruturas homólogas

As estruturas homólogas (Figura 2.4) são aquelas que apresentam a mesma origem embrionária e um plano anatômico semelhante, indicando a existência de um ancestral comum.

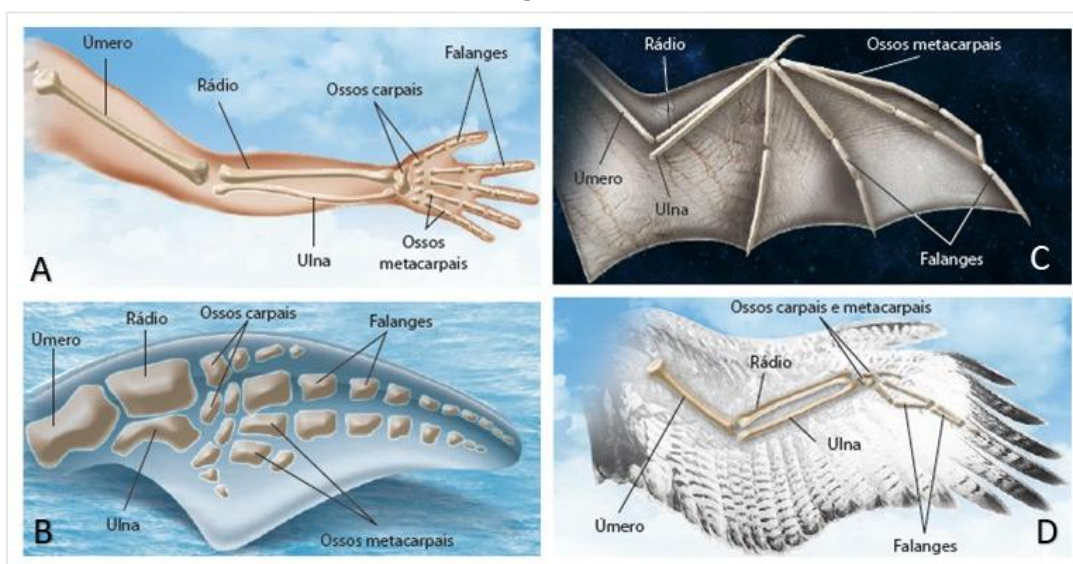
Embora tenham essa origem compartilhada, tais estruturas podem desempenhar funções diferentes ao longo da evolução. Exemplos clássicos são o braço humano, adaptado para manipulação, a asa do morcego, utilizada para o voo, a nadadeira da baleia, especializada para a natação, e a pata do cavalo, adaptada para a corrida. Todas essas estruturas derivam de um mesmo modelo ósseo ancestral, que foi modificado conforme as necessidades de cada espécie.

**Figura 2.3: Fóssil de *Archaeopteryx*.
Descoberta de restos de criatura torna estudo da linha evolutiva das aves mais simples.**



Fonte: AMOS, 2013

Figura 2.4: Estruturas homólogas. A – Braço humano; B – Nadadeira de boto; C- Asa de morcego; D- Asa de ave.

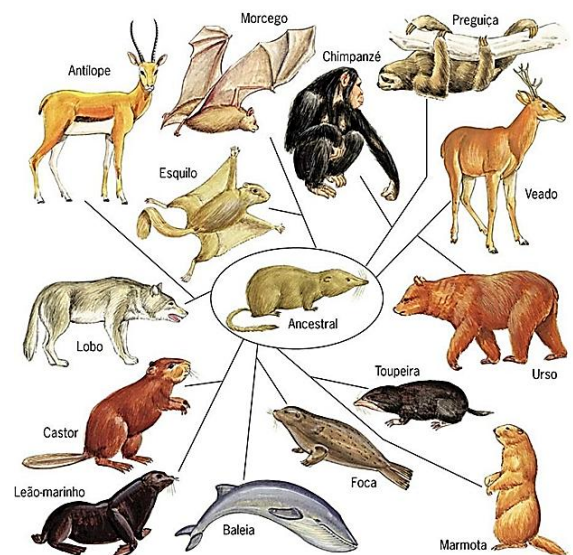


Fonte: Adaptado de REECE, 2015.

Essas modificações estão diretamente relacionadas à irradiação adaptativa (Figura 2.5), um processo evolutivo no qual espécies descendentes de um ancestral comum se diversificam para ocupar diferentes habitats e explorar distintos nichos ecológicos. Para isso, as populações desenvolvem adaptações específicas, resultando na especialização de estruturas originalmente semelhantes, o que explica o surgimento de diferentes estruturas homólogas com funções variadas.

Esse conjunto de transformações caracteriza a evolução divergente, processo pelo qual espécies originadas de um mesmo ancestral tornam-se progressivamente diferentes ao longo do tempo devido à adaptação a ambientes ou nichos ecológicos distintos. Como consequência, surgem diferenças morfológicas, fisiológicas e comportamentais entre as espécies, sendo a presença de estruturas homólogas uma das principais evidências desse tipo de evolução.

Figura 2.5: Irradiação adaptativa.



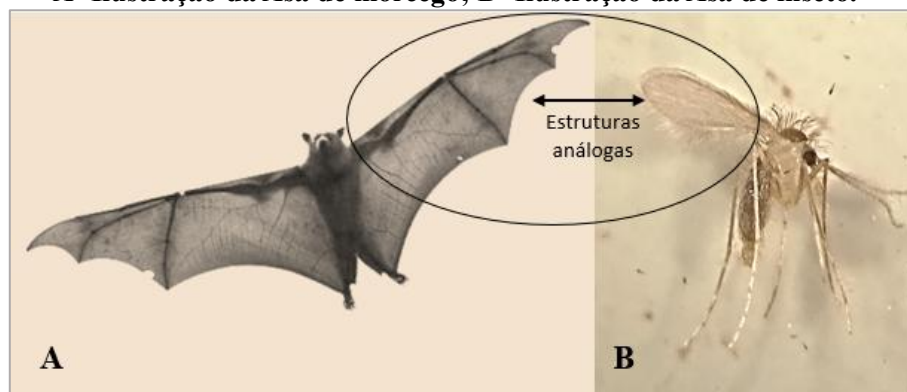
Fonte: Biólogo em Cena, 2010.

4.2.2 Estruturas análogas

As estruturas análogas são aquelas que desempenham funções semelhantes, mas possuem origens embrionárias e estruturas anatômicas diferentes, indicando que evoluíram a partir de ancestrais distintos. Mesmo com essas diferenças estruturais, tais órgãos realizam tarefas parecidas devido às mesmas necessidades funcionais. Exemplos clássicos são as asas de aves e insetos, utilizadas para o voo, e as nadadeiras de tubarões e botos, adaptadas à locomoção no ambiente aquático, apesar de se originarem de tecidos embrionários diferentes (Figura 2.6).

Figura 2.6: Estruturas análogas.

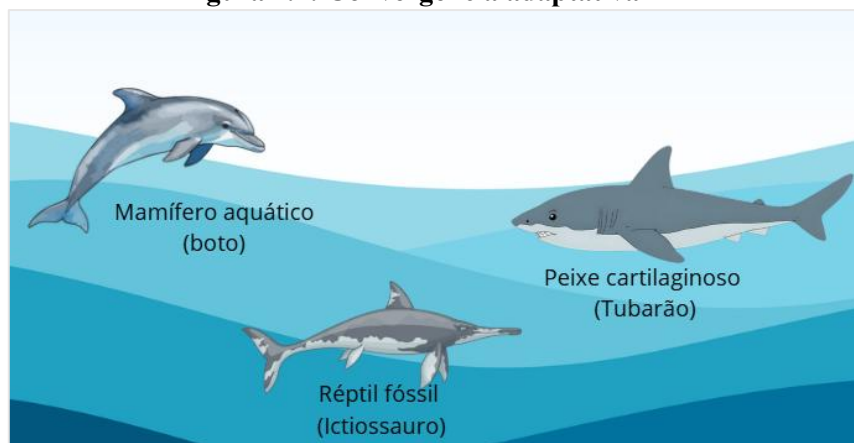
A- Ilustração da Asa de morcego; B- Ilustração da Asa de inseto.



Fonte: Romero H., 2023 (Imagem A). Os autores (Imagem B).

O surgimento dessas estruturas está relacionado à convergência adaptativa, processo evolutivo no qual organismos de linhagens distintas, sem parentesco próximo, desenvolvem características morfológicas, fisiológicas ou comportamentais semelhantes (Figura 2.7). Isso ocorre porque esses organismos enfrentam ambientes semelhantes ou pressões seletivas equivalentes, levando à seleção de soluções adaptativas parecidas, mesmo partindo de bases evolutivas diferentes.

Figura 2.7: Convergência adaptativa



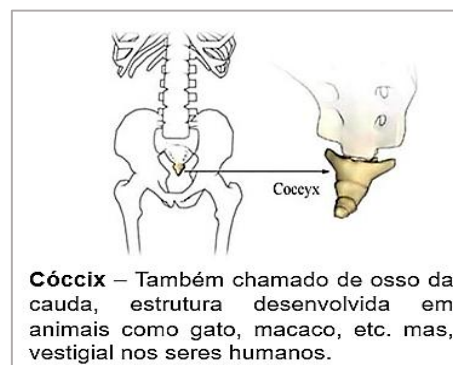
Fonte: os autores.

Esse fenômeno caracteriza a evolução convergente, observado quando espécies distintas desenvolvem, de forma independente, estruturas análogas em resposta à ocupação de nichos ecológicos semelhantes. Assim, a evolução convergente evidencia que ambientes parecidos podem moldar organismos diferentes de maneira semelhante.

4.2.3 Estruturas vestigiais

São estruturas pouco desenvolvidas ou sem função aparente, como o apêndice humano, sugerindo herança de ancestrais nos quais essas estruturas tinham função (Figura 2.8).

Figura 2.8: Exemplo de estrutura vestigial.

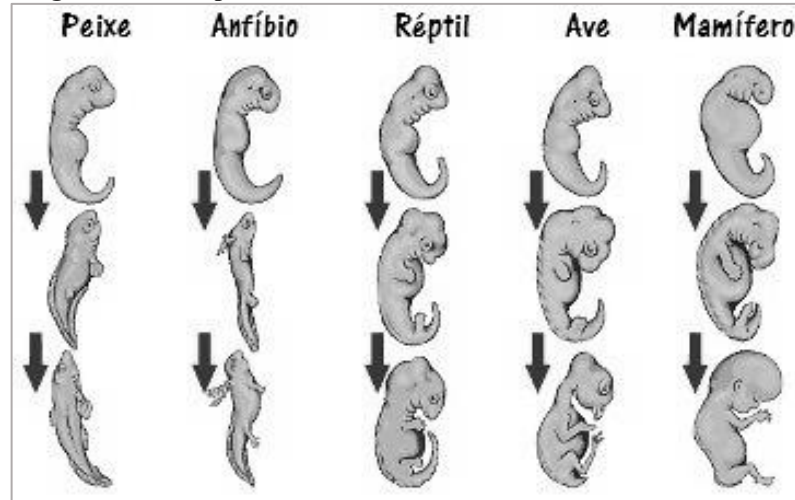


Fonte: Adaptado de Marques, 2018.

4.3 Embriologia Comparada

O estudo do desenvolvimento embrionário mostra que embriões de diferentes espécies apresentam semelhanças nas fases iniciais do desenvolvimento (Figura 2.9). Essas semelhanças indicam que os organismos compartilham ancestrais comuns, reforçando a ideia de evolução.

Figura 2.9: Comparação entre embriões de diferentes vertebrados.



Fonte: Adaptado de BiologiaNet, 2026.

4.4 Biologia Molecular

Os avanços da Biologia Molecular têm permitido comparar a sequência de nucleotídeos presentes nas moléculas de DNA de diferentes espécies, revelando o grau de semelhança de seus genes e a relação de parentesco evolutivo. Esses estudos complementam-se às semelhanças anatômicas e embrionárias e confirmam a relação de parentesco entre as espécies.

5. ISOLAMENTO REPRODUTIVO

Os mecanismos de isolamento reprodutivo podem atuar impedindo a formação do zigoto (mecanismo pré-zigótico) ou após o processo de concepção, quando o zigoto já foi formado (mecanismo pós-zigótico). Nos dois tipos de mecanismo o intuito é o mesmo, impedir o fluxo gênico entre populações e levar à formação de uma nova espécie.

5.1 Barreiras Pré-zigóticas

São barreiras reprodutivas que atuam impedindo que o processo de fecundação ocorra.

- **Isolamento Ecológico/Habitat:** Espécies vivem em habitats diferentes, mesmo habitando a mesma região.

- **Isolamento Sazonal/Temporal:** Acasalamento ou floração ocorrem em épocas ou estações diferentes.

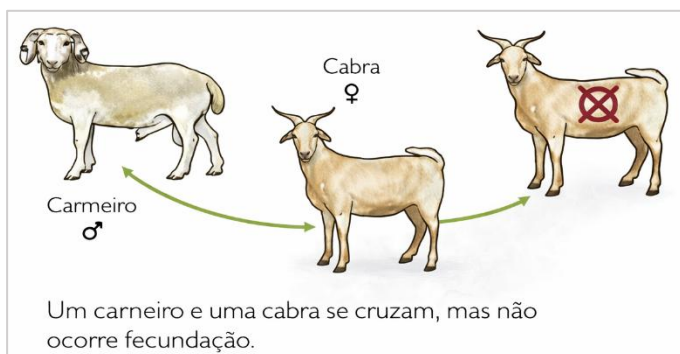
• **Isolamento Etológico/Comportamental:** Diferenças em rituais de acasalamento, cantos ou feromônios impedem o reconhecimento entre espécies.

• **Isolamento Mecânico:**
Incompatibilidade física dos órgãos reprodutores.

• **Isolamento Gamético:**
Incompatibilidade química ou molecular entre gametas (espermatozoides e ovócitos) (Figura 2.10).

• **Isolamento por Polinizadores:**
Plantas atraem polinizadores diferentes.

Figura 2.10: Mecanismo de isolamento pré-zigótico.



Fonte: Adaptado de Terceiro biologia, 2016.

5.2 Barreiras Pós-zigóticas

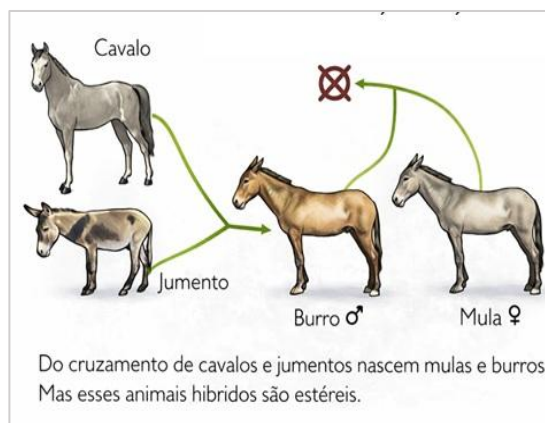
São barreiras reprodutivas que surgem após o processo de fecundação.

• **Inviabilidade do Híbrido:** O zigoto híbrido não se desenvolve ou é inviável.

• **Esterilidade do Híbrido:** O híbrido sobrevive, mas é estéril (Figura 2.11).

• **Desmoronamento/Declínio do Híbrido:**
Híbridos de primeira geração podem ser férteis, mas a prole da segunda geração é fraca ou estéril.

Figura 2.11: Mecanismo de isolamento pós-zigótico.



Fonte: Adaptado de Terceiro biologia, 2016.

6 ESPECIAÇÃO

Especiação é o processo evolutivo que envolve o surgimento de nova **espécie**, devido a ocorrência de isolamento reprodutivo (os grupos deixam de cruzar entre si).



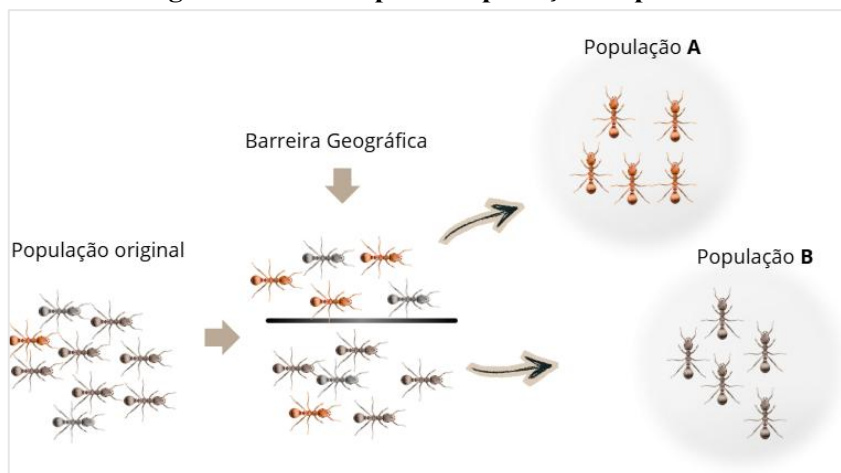
6.1 Tipos de especiação

6.1.1 Especiação Alopátrica

Ocorre quando há isolamento geográfico, uma população é separada geograficamente por rios, montanhas, ou ilhas, as populações assim separadas vão acumulando diferenças ao longo do tempo,

evoluem separadamente até não conseguirem mais se reproduzir entre si, ocorrendo, portanto, o denominado isolamento reprodutivo (Figura 2.12).

Figura 2.12: Exemplo de especiação alopátrica.



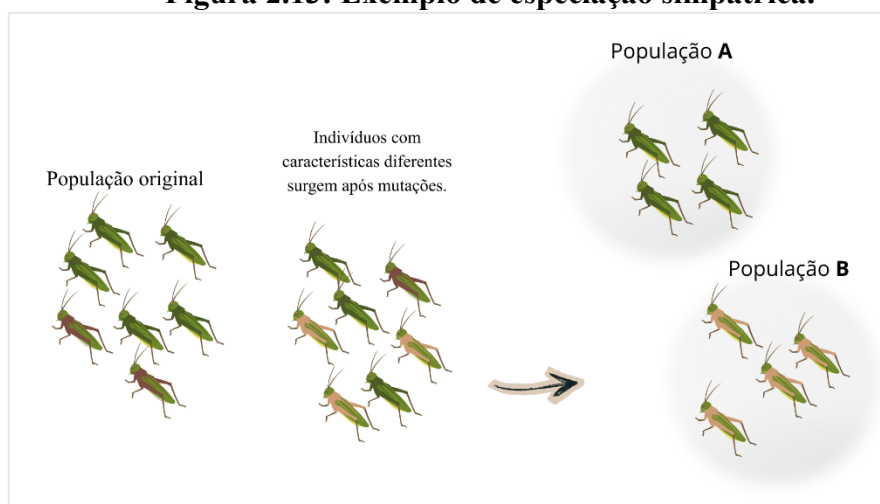
Fonte: os autores.

Os tentilhões observados por Darwin, nas ilhas do arquipélago de Galápagos é um exemplo desse tipo de especiação.

6.1.2 Especiação Simpátrica

Esse tipo de especiação ocorre sem separação geográfica, o isolamento é ecológico, comportamental ou genético. Em uma mesma população, podem surgir mutações gênicas ou modificações no comportamento que podem levar ao isolamento reprodutivo, formando novas espécies (Figura 2.13).

Figura 2.13: Exemplo de especiação simpátrica.

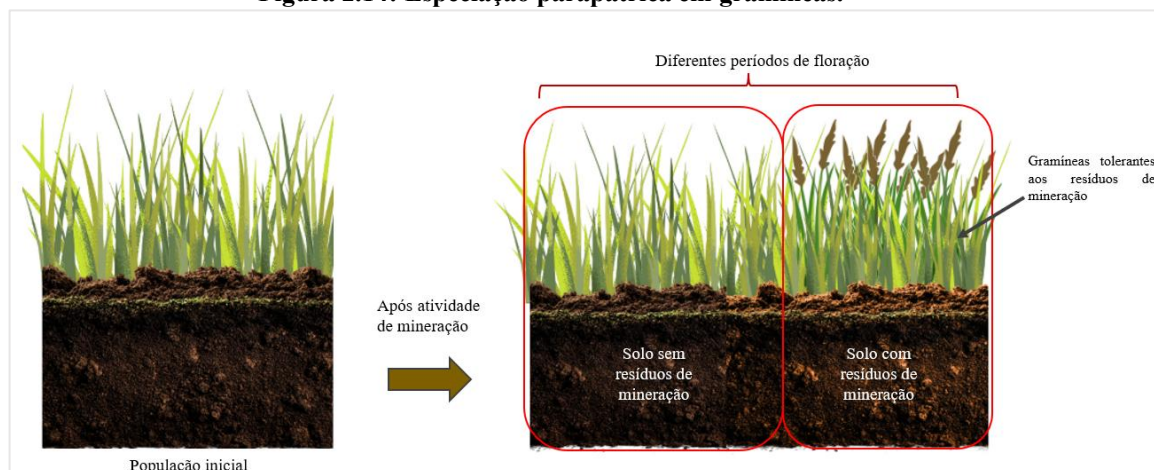


Fonte: os autores.

6.1.3 Especiação Parapátrica

Ocorre quando uma nova espécie evolui de uma população continuamente distribuída (populações vizinhas), sem barreira geográfica física, mas com populações ocupando nichos ecológicos adjacentes (Figura 2.14).

Figura 2.14: Especiação parapátrica em gramíneas.



Fonte: Os autores.

7 EVOLUÇÃO HUMANA

A história evolutiva dos mamíferos está atrelada a pequenos animais semelhantes a musaranhos, que viveram há dezenas de milhões de anos. Esses pequenos mamíferos, de hábitos simples e tamanho reduzido, deram origem a diferentes linhagens, entre elas a dos primatas, grupo ao qual os seres humanos pertencem.

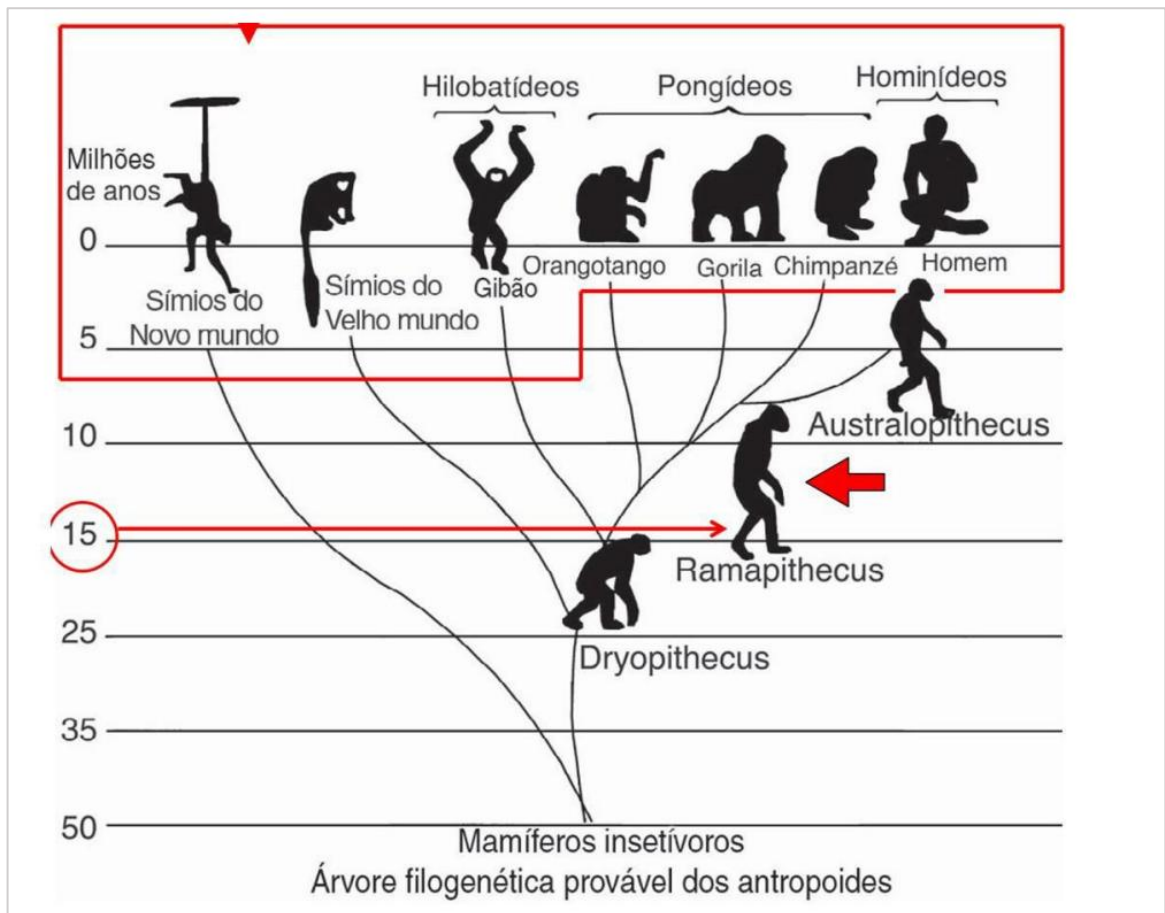


Sugestão de Vídeo: 4,6 Bilhões de anos em 50 minutos: A história da evolução!

<https://www.youtube.com/watch?v=Is8AvlyzR9A>
(ABC Terra). Duração: 50'58"

Filogeneticamente, os primatas são divididos em dois grandes grupos. Estrepsirrininos, que inclui lêmures, lóris e gálagos, considerados mais próximos das formas primitivas de primatas. E haplorrininos, onde estão inclusos társsios, macacos, grandes símios e humanos. Os haplorrininos se dividem em platirrininos (macacos do Novo Mundo) encontrados principalmente nas Américas e os catarrininos (macacos do Velho Mundo), onde estão os grandes símios e os humanos. Entre os catarrininos, destacam-se os hominóides, grupo que inclui os grandes símios (orangotangos, gorilas e chimpanzés) e o ser humano (Figura 2.15).

Figura 2.15: Árvore filogenética provável dos antropóides.

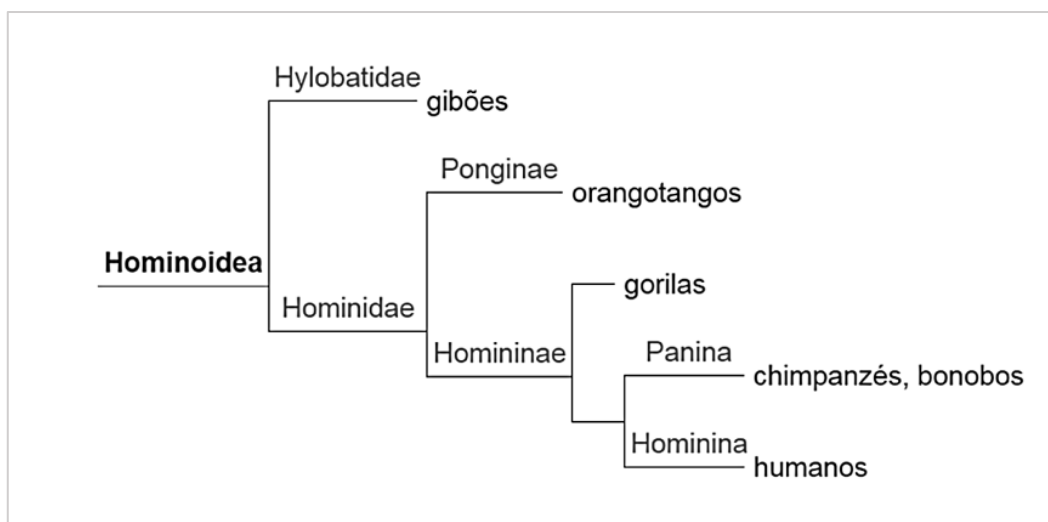


Fonte: ENEM, 1998.

7.1 Super família Hominoidea

Os membros da superfamília Hominoidea são comumente chamados de homínoides. Dentro da família homínidae existem duas subfamílias Ponginae e Homininae. Ponginae é formada por um único gênero, Pongo (Orangotangos); enquanto Homininae é subdividida em duas tribos Gorillini e Hominini. Gorillini abriga apenas um gênero, Gorilla (gorilas), já Hominini é composta por dois gêneros Pan (chimpanzés) e Homo (humanos) (Figura 2.16).

Figura 2.16. Relação filogenética da superfamília Hominoidea.



Fonte: Os autores.

7.2 Evolução dos Hominídeos

Entre 17 e 15 milhões de anos atrás, durante o Mioceno médio, os continentes já apresentavam uma configuração próxima à atual. O clima global era predominantemente quente, o polo Norte ainda não possuía calotas de gelo permanentes e a Antártida encontrava-se em processo de congelamento parcial. O nível dos oceanos era significativamente mais alto, o que influenciava a distribuição dos continentes e das populações de hominídeos. Nesse período, acredita-se que os ancestrais dos hominídeos ocupavam o leste da África, o entorno do Mediterrâneo, o Oriente Médio e parte do subcontinente indiano. Ao final desse intervalo temporal ocorre a separação da linhagem que dará origem aos *pongíneos*, ancestrais dos orangotangos.

Entre 15 e 12 milhões de anos, a Antártida completa seu congelamento, ocasionando a redução gradual do nível dos oceanos. Surgem os *Driopithecínios* (Figura 2.17), hominídeos que se espalham pela Ásia e pelo sul da Europa. Nesse contexto, as linhagens dos *pongíneos* se diversificam no continente asiático, enquanto os continentes mantêm sua configuração geográfica relativamente estável.

No intervalo entre 12 e 8 milhões de anos, o planeta permanece quente, embora em processo de resfriamento gradual. Ocorre a crise Vallesiana, responsável pela extinção de diversos mamíferos terrestres na Europa. Nesse período surge o gênero

Figura 2.17: *Dryopithecus*



Fonte: Atlas virtual da pré-história, 2026

Ouranopithecus, nos Balcãs, considerado ancestral dos Gorillini (gorilas) e dos Hominini (hominínios), grupo que inclui os humanos. Paralelamente, na Ásia, consolida-se a linhagem dos *Sivapithecus*, relacionada aos orangotangos.

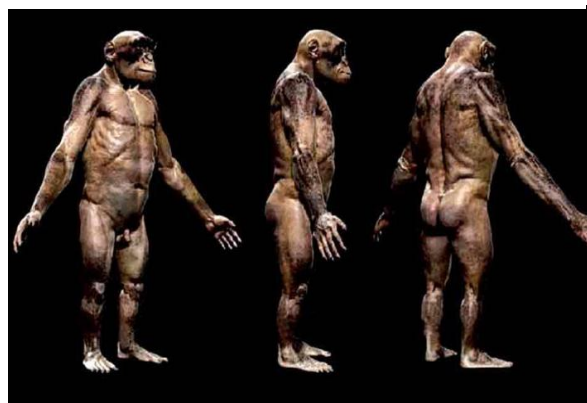
Entre 8 e 7 milhões de anos, os ramos europeus dos *Driopitecíneos* entram em extinção. Os hominínios iniciam um processo de retorno à África, um pouco mais tardio que o dos gorilíneos. Na Ásia, surgem os *Indopithecus*, derivados dos *Sivapitecíneos*.

No período de 7 a 6 milhões de anos, os hominídeos ficam praticamente restritos ao continente africano. Surge o *Sahelanthropus tchadensis* (Figura 2.18), no atual Chade, apresentando características intermediárias entre gorilas, chimpanzés e humanos, sendo considerado um forte candidato a ancestral comum de humanos e chimpanzés.

Entre 6 e 5,33 milhões de anos, importantes transformações ambientais ocorrem, como a Crise Salina Messiniana, quando o Mar Mediterrâneo quase seca completamente. Intensifica-se a formação do Rift Africano, resultando em cadeias montanhosas e grandes lagos. A progressiva desertificação do Saara promove a separação dos hominídeos em dois grandes grupos:

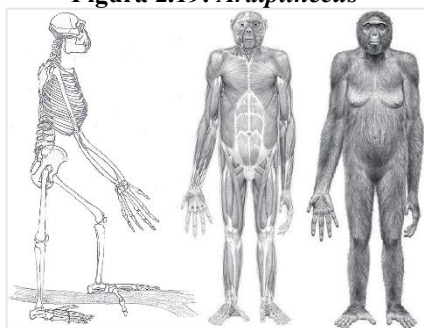
- Hominina, a leste do Rift, em ambientes de savana;
- Panina, a oeste, nas florestas do Congo, originando chimpanzés e bonobos.

Figura 2.18: *Sahelanthropus tchadensis*



Fonte: TIBURCIO. 2021.

Figura 2.19: *Ardipithecus*



Fonte: BRADSHAW FOUNDATION, 2026.

Nesse contexto surge o *Orrorin*, com indícios claros de bipedalismo.

Entre 5,33 e 4 milhões de anos, já no Plioceno, surge o *Ardipithecus* (Figura 2.19), na Etiópia. Esse hominídeo apresentava postura ereta parcial, cérebro pequeno e características que lembravam chimpanzés bípedes.

De 4 a 3,6 milhões de anos, surgem os primeiros *Australopithecus* (Figura 2.20), hominídeos pequenos, bípedes, com locomoção ainda pouco eficiente. Espécies como *Australopithecus afarensis* mantinham características arborícolas, enquanto formas mais recentes apresentavam membros mais semelhantes aos humanos.

Entre 3,6 e 2,6 milhões de anos, os australopithecíneos coexistem com outras linhagens de hominídeos. Nesse período, surgem os *Kenyanthropus* (Figura 2.21). É desse período também as evidências que indicam o uso inicial de ferramentas de pedra, o que antecipa o início do período Paleolítico.

Com o início do Pleistoceno (2,6 milhões de anos), ocorre a diversificação do gênero *Homo*. O *Homo habilis* apresenta aumento significativo da capacidade craniana e domínio mais sistemático de ferramentas. Posteriormente, surge o *Homo erectus*, com proporções corporais semelhantes às humanas atuais, ampla dispersão geográfica e uso controlado do fogo (Figura 2.22).

Figura 2. 22: A. *Homo habilis*; B. *Homo erectus*.



Fonte: Atlas virtual da pré-história, 2026.

Entre 800 e 600 mil anos, evolui o *Homo heidelbergensis*, caracterizado por maior inteligência e fabricação de machadinhas. Essa espécie origina três importantes linhagens (Figura 2.23):

- *Homo neanderthalensis*, na Europa;
- *Homo denisova*, na Ásia;
- *Homo sapiens*, na África.

Figura 2.20: *Australopithecus*



Fonte: Atlas virtual da pré-história, 2026.

Figura 2.21: *Kenyanthropus*



Fonte: Atlas virtual da pré-história, 2026.

Figura 2.23: A. *Homo heidelbergensis*. B. *Homo neanderthalensis*; C. *Homo Denisova*; D. *Homo sapiens*



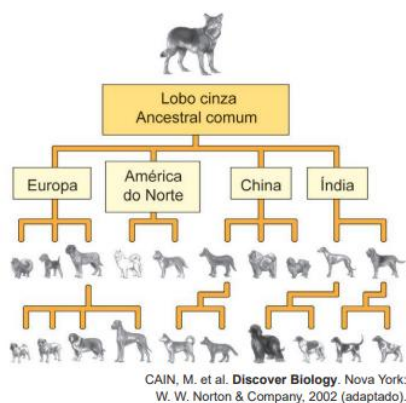
Fonte: Atlas virtual da pré-história, 2026 (Imagem A e D); Kolbert, 2011 (Imagem B); Brito, 2019 (imagem C).

Os neandertais destacam-se pela grande capacidade craniana e adaptação a climas frios. Os denisovanos são conhecidos principalmente por registros genéticos. Já o *Homo sapiens*, surgido entre 330 e 230 mil anos, passa por fases arcaicas até o surgimento do *Homo sapiens sapiens*, ancestral comum de todos os humanos atuais.

Como pode ser observado a evolução humana foi um processo gradual, ramificado e fortemente influenciado por mudanças ambientais, no qual diferentes espécies humanas coexistiram e, em alguns casos, cruzaram entre si, contribuindo para a diversidade genética da humanidade atual.

ATIVIDADE

Questão 1. (ENEM 2024) A evolução das populações envolve processos de variação e adaptação ao longo do tempo, podendo desencadear o surgimento de novas raças ou espécies a partir de uma preexistente. A grande diversidade de organismos presentes em nosso



planeta pode ser explicada pela moderna teoria evolucionista, que associa o darwinismo aos conceitos de genética. Com base nesses conhecimentos, é possível realizar a reprodução diferencial de genótipos e a formação de raças com diferentes fenótipos, como representado na figura.

A formação dessas raças deve-se ao processo de

- a) deriva genética.
- b) seleção artificial.
- c) formação de híbridos.
- d) especiação alopátrica.
- e) divergência adaptativa.

Resposta: B

Questão 2. (ENEM 2021) Nas últimas décadas vários países, inclusive o Brasil, têm testemunhado uma grande proliferação de bactérias patogênicas, envolvidas em uma

variedade de doenças e que apresentam resistência a múltiplos antibióticos. Atualmente têm se destacado as superbactérias que acumularam vários genes determinantes de resistência, a ponto de se tornarem resistentes a praticamente todos os antimicrobianos

FERREIRA, F. A.; CRUZ, R. S.; FIGUEIREDO, A. M.
S. O problema da resistência a antibióticos. Ciência Hoje, v.48, n.287, 2011 (adaptado).

Essa resistência tem ocorrido porque os(as)

- a) bactérias patogênicas se multiplicam de maneira acelerada.
- b) antibióticos são utilizados pela população de maneira indiscriminada.
- c) bactérias possuem plasmídeos que contêm genes relacionados à virulência.
- d) bactérias podem ser transmitidas para um indivíduo utilizando várias estratégias.
- e) serviços de saúde precários constituem importantes focos de bactérias patogênicas.

Resposta: B

Questão 3. (ENEM 2019) A principal explicação para a grande variedade de espécies na Amazônia é a teoria do refúgio. Nos últimos 100.000 anos, o planeta sofreu vários períodos de glaciação, em que as florestas enfrentaram fases de seca. Dessa forma, as matas expandiram-se e depois reduziram-se. Nos períodos de seca prolongados, cada núcleo de floresta ficava isolado do outro. Então, os grupos de animais dessas áreas isoladas passaram por processos de diferenciação genética, muitas vezes se transformando em

espécies ou subespécies diferentes das originais e das que ficaram em outros refúgios.

Disponível em: <http://ambientes.ambientebrasil.com.br>.

Acesso em: 22 abr. 2015.

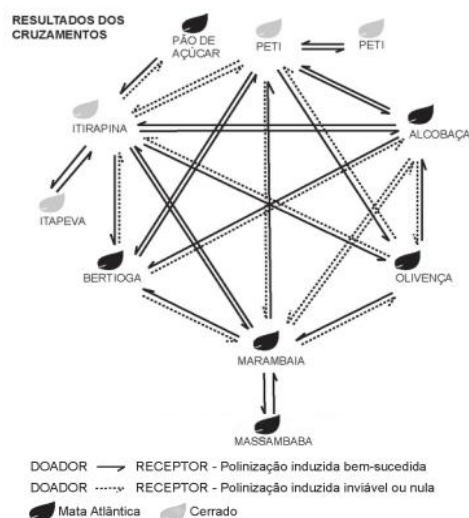
O principal processo evolutivo relacionado ao texto é a

- a) anagênese.
- b) coevolução.
- c) evolução alopátrica.
- d) evolução simpátrica.
- e) convergência adaptativa.

Resposta: C

Questão 4. (ENEM 2018) O processo de formação de novas espécies é lento e repleto de nuances e estágios intermediários, havendo uma diminuição da viabilidade entre cruzamentos. Assim, plantas originalmente de uma mesma espécie que não cruzam mais entre si podem ser consideradas como uma espécie se diferenciando. Um pesquisador realizou cruzamentos entre nove populações — denominadas de acordo com a localização onde são encontradas — de uma espécie de orquídea (*Epidendrum denticulatum*).

No diagrama estão os resultados dos cruzamentos entre as populações. Considere que o doador fornece o pólen para o receptor.

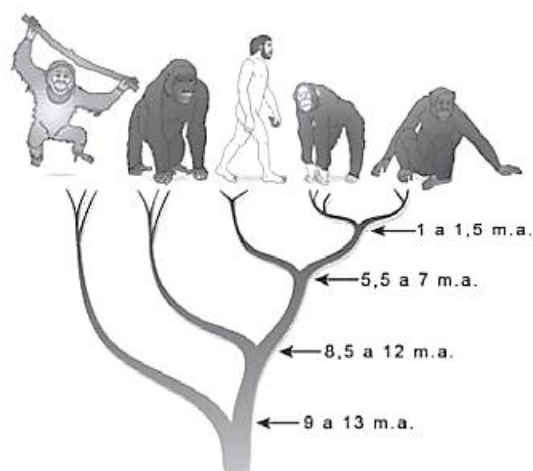


Em populações de quais localidades se observa um processo de especiação evidente?

- a) Bertioiga e Marambaia; Alcobaça e Olivença.
- b) Itirapina e Itapeva; Marambaia e Massambaba.
- c) Itirapina e Marambaia; Alcobaça e Itirapina.
- d) Itirapina e Peti; Alcobaça e Marambaia.
- e) Itirapina e Olivença; Marambaia e Peti.

Resposta: D

Questão 5. (ENEM 2017)



A árvore filogenética representa uma hipótese evolutiva para a família Hominidae, na qual a sigla “m.a.” significa “milhões de anos atrás”. As ilustrações representam, da esquerda para a

direita, o orangotango, o gorila, o ser humano, o chimpanzé e o bonobo.

Disponível em: www.nature.com. Acesso em: 6 dez. 2012 (adaptado).

Considerando a filogenia representada, a maior similaridade genética será encontrada entre os seres humanos e:

- a) Gorila e bonobo
- b) Gorila e chimpanzé.
- c) Gorila e orangotango.
- d) Chimpanzé e bonobo.
- e) Bonobo e orangotango.

Resposta: D

Questão 6. (ENEM 2015) Algumas raças de cães domésticos não conseguem copular entre si devido à grande diferença em seus tamanhos corporais. Ainda assim, tal dificuldade reprodutiva não ocasiona a formação de novas espécies (especiação).

Essa especiação não ocorre devido ao(à)

- a) oscilação genética das raças.
- b) convergência adaptativa das raças.
- c) isolamento geográfico entre as raças.
- d) seleção natural que ocorre entre as raças.
- e) manutenção do fluxo gênico entre as raças.

Resposta: E

Questão 7. (UNIFESP/2004) Leia os trechos seguintes, extraídos de um texto sobre a cor de pele humana.

*“A pele de povos que habitaram certas áreas durante milênios **adaptou-se** para permitir a produção de vitamina D.”*

“À medida que os seres humanos começaram a se movimentar pelo Velho Mundo há cerca de

*100 mil anos, sua pele foi **se adaptando** às condições ambientais das diferentes regiões. A cor da pele das populações nativas da África foi a que teve mais tempo para se adaptar porque os primeiros seres humanos surgiram ali.*

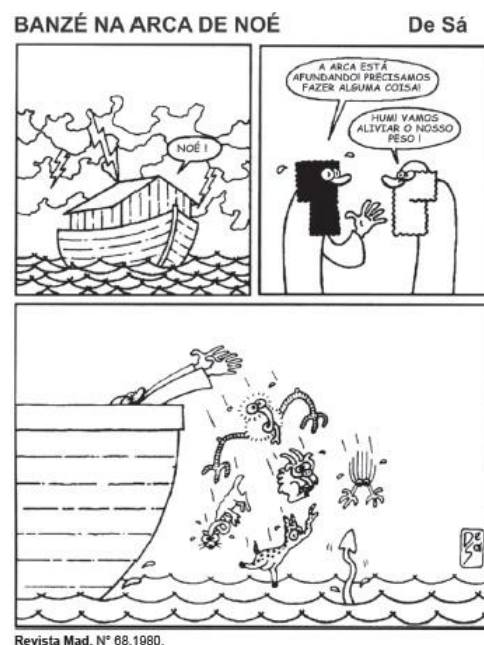
(Scientific American Brasil, vol.6, novembro de 2002).

Nesses dois trechos, encontram-se subjacentes ideias:

- a) da Teoria Sintética da Evolução.
- b) darwinistas.
- c) neodarwinistas.
- d) lamarckistas.
- e) sobre especiação.

Resposta: D

Questão 8. (ENEM 2011)



O ser humano é responsável pela seleção de características, por exemplo, tipo e cor da pelagem dos animais domésticos, muitas das quais não eram observadas nos indivíduos selvagens das espécies. Cientistas das universidades de Uppsala (Suécia) e Durham

(Reino Unido) explicam que o homem selecionou de forma ativa e proposital os animais domésticos com pelagens curiosas.

Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br>. Acesso em: 7 abr. 2010 (adaptado).

A partir de suportes diferentes, os quadrinhos e o texto apresentado abordam o mesmo tema, que se refere à seleção

- a) natural.
- b) direcional.
- c) artificial.
- d) estabilizadora.
- e) cromatográfica.

Resposta: C

Questão 9. (ENEM 2020) Os frutos da pupunha têm cerca de 1 g em populações silvestres no Acre, mas chegam a 70 g em plantas domesticadas por populações indígenas. No princípio, porém, a domesticação não era intencional. Os grupos humanos apenas identificavam vegetais mais saborosos ou úteis, e sua propagação se dava pelo descarte de sementes para perto dos sítios habitados.

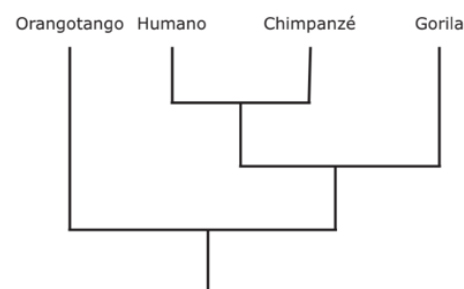
DÓRIA, C. A.; VIEIRA, I. C. G. Iguarias da floresta. *Ciência Hoje*, n. 310, dez. 2013.

A mudança de fenótipo (tamanho dos frutos) nas populações domesticadas de pupunha deu-se porque houve

- a) introdução de novos genes.
- b) redução da pressão de mutação.
- c) diminuição da uniformidade genética.
- d) aumento da frequência de alelos de interesse.
- e) expressão de genes de resistência a patógenos.

Resposta: D

Questão 10. (UFSM 2024) Os seres humanos e os macacos antropóides, também chamados de “grandes macacos”, pertencem à ordem dos primatas. Os estudos de Dian Fossey (1932-1985) sobre gorilas, e de Jane Goodall (1935-), sobre chimpanzés, permitiram compreender vários aspectos do comportamento e evolução dessas espécies, além de contribuir para a sua conservação. A figura abaixo apresenta as relações evolutivas entre humanos e grandes macacos.



Sobre essas relações, é correto afirmar que

- a) seres humanos evoluíram a partir de chimpanzés.
- b) seres humanos e chimpanzés evoluíram a partir de gorilas.
- c) seres humanos e chimpanzés compartilham um ancestral comum.
- d) chimpanzés e gorilas são mais próximos entre si do que qualquer um deles com seres humanos.
- e) seres humanos não apresentam parentesco evolutivo com outros macacos antropóides.

Resposta: C

Questão 11. (UFES/2004) Os pesquisadores Robert Simmons e Lue Scheepers questionaram a visão tradicional de como a girafa desenvolveu o pescoço comprido.

Observações feitas na África demonstraram que as girafas que atingem alturas de 4 a 5 metros, geralmente se alimentam de folhas a 3 metros do solo. O pescoço comprido é usado como uma arma nos combates corpo a corpo pelos machos na disputa por fêmeas. As fêmeas também preferem acasalar com machos de pescoço grande. Esses pesquisadores argumentam que o pescoço da girafa ficou grande devido à seleção sexual; machos com pescoços mais compridos deixavam mais descendentes do que machos com pescoços mais curtos.

(Simmons and Scheepers, 1996. *American Naturalist* Vol. 148: pp. 771-786. Adaptado).

Sobre a visão tradicional de como a girafa desenvolve um pescoço comprido, é CORRETO afirmar que:

a) na visão tradicional baseada em Darwin, a girafa adquire o pescoço comprido pela lei de uso e desuso. As girafas que esticam seus pescoços geram uma prole que já nasce com pescoço mais comprido e, cumulativamente, através das gerações, o pescoço, em média, aumenta de tamanho.

b) na visão tradicional baseada em Lamarck, a girafa adquire o pescoço comprido com a sobrevivência diferencial de girafas. Aquelas com pescoço comprido conseguem se alimentar de folhas inacessíveis às outras e deixam, portanto, mais descendentes.

c) na visão tradicional baseada em Lamarck, a girafa adquire o pescoço comprido pela lei do uso e desuso. Aquelas com pescoço comprido

conseguem se alimentar de folhas inacessíveis às outras, e deixam, portanto, mais descendentes.

d) na visão tradicional baseada em Darwin, a girafa adquire o pescoço comprido com a sobrevivência diferencial de girafas. Aquelas com pescoço comprido conseguem se alimentar de folhas inacessíveis às outras, e deixam, portanto, mais descendentes.

e) na visão tradicional baseada em Darwin, a girafa adquire o pescoço comprido com a sobrevivência diferencial de girafas. As girafas que esticam seus pescoços geram uma prole que já nasce com pescoço mais comprido e, cumulativamente, através das gerações, o pescoço, em média, aumenta de tamanho.

Resposta: D

Questão 12. (UFPR) “O hábito de colocar argolas no pescoço, por parte das mulheres de algumas tribos asiáticas, promove o crescimento desta estrutura, representando nestas comunidades um sinal de beleza. Desta forma temos que as crianças, filhos destas mulheres já nasceriam com pescoço maior, visto que esta é uma tradição secular.”

A afirmação acima pode ser considerada como defensora de qual teoria evolucionista:

a) Teoria de Lamarck

b) Teoria de Malthus

c) Teoria de Wallace

d) Teoria de Darwin

e) Teoria de Mendel

Resposta: A

Questão 13. (UFC/2004) *“O ambiente afeta a forma e a organização dos animais, isto é, quando o ambiente se torna muito diferente, produz ao longo do tempo modificações correspondentes na forma e organização dos animais... As cobras adotaram o hábito de se arrastar no solo e se esconder na grama; de tal maneira que seus corpos, como resultados de esforços repetidos de se alongar, adquiriram comprimento considerável...”*.

O trecho citado foi transcrito da obra *Filosofia Zoológica* de um famoso cientista evolucionista.

Assinale a alternativa que contém, respectivamente, a ideia transmitida pelo texto e o nome do seu autor.

- a) Seleção natural – Charles Darwin.
- b) Herança dos caracteres adquiridos – Jean Lamarck.
- c) Lei do transformismo – Jean Lamarck.
- d) Seleção artificial – Charles Darwin.
- e) Herança das características dominantes – Alfred Wallace.

Resposta: C

Questão 14. (Enem 2020) Acredita-se que os olhos evoluíram de órgãos sensores de luz para versões que formam imagens. O olho humano atua como uma câmera, coletando, focando e convertendo a luz em sinal elétrico, que é traduzido em imagens pelo cérebro. Mas em vez de um filme fotográfico, é uma retina que detecta e processa os sinais, utilizando células especializadas. Moluscos cefalópodes (como as

lulas) possuem olhos semelhantes aos dos humanos, apesar da distância filogenética.

LAMB, T. D. A fascinante evolução do olho: cientistas já têm uma visão clara de como surgiram nossos olhos tão complexos. *Scientific American Brasil*, ed. 111, ago. 2011 (adaptado).

A comparação dos olhos mencionada representa que tipo de evolução?

- a) Aleatória
- b) Homóloga
- c) Divergente
- d) Progressiva
- e) Convergente

Resposta: E

Questão 15. (Enem 2014) Embora seja um conceito fundamental para a biologia, o termo “evolução” pode adquirir significados diferentes no senso comum. A ideia de que a espécie humana é o ápice do processo evolutivo é amplamente difundida, mas não é compartilhada por muitos cientistas.

Para esses cientistas, a compreensão do processo citado baseia-se na ideia de que os seres vivos, ao longo do tempo, passam por

- a) modificação de características.
- b) incremento no tamanho corporal.
- c) complexificação de seus sistemas.
- d) melhoria de processos e estruturas.
- e) especialização para uma determinada finalidade.

Resposta: A

Questão 16. (Enem 2019) Um herbicida de largo espectro foi desenvolvido para utilização em lavouras. Esse herbicida atua inibindo a atividade de uma enzima dos vegetais

envolvida na biossíntese de aminoácidos essenciais. Atualmente ele é bastante utilizado em plantações de soja, podendo inclusive inibir a germinação ou o crescimento das plantas cultivadas.

De que forma é desenvolvida a resistência da soja ao herbicida?

- a) Expondo frequentemente uma espécie de soja a altas concentrações do herbicida, levando ao desenvolvimento de resistência.
- b) Cultivando a soja com elevadas concentrações de aminoácidos, induzindo a formação de moléculas relacionadas à resistência.
- c) Empregando raios X para estimular mutações em uma variedade de soja, produzindo a enzima-alvo resistente ao herbicida.
- d) Introduzindo na soja um gene específico de outra espécie, possibilitando a produção da enzima de resistência ao herbicida.
- e) Administrando a enzima-alvo nos fertilizantes utilizados na lavoura, promovendo sua absorção pela espécie cultivada.

Resposta: D

Questão 17. (UFU 2019) O combate ao mosquito transmissor do vírus da dengue é um problema de saúde pública no Brasil. O uso de inseticidas em larga escala é discutido com cautela pelos cientistas, no que se refere às questões biológicas.

Essa cautela se justifica porque o uso de inseticidas

a) elimina o mosquito, e o vírus busca outro transmissor.

b) induz mutações no vírus e gera resistência a medicamentos.

c) seleciona mosquitos resistentes e torna esse combate ineficiente.

d) aumenta a intensidade da infecção viral e agrava o quadro dos doentes.

e) causará a mutação dos insetos-vetores.

Resposta: C

Questão 18. (FPS-PE 2018) A evolução, em geral, é um processo lento e gradual. Assim, a origem de novas espécies pode ser explicada quando uma determinada população sofre alterações bruscas, tornando o território inadequado. Acerca do processo evolutivo das espécies, assinale a alternativa correta.

a) Quando as barreiras geográficas são pequenas e as áreas de sobrevivência são grandes, essas áreas recebem o nome de refúgio.

b) Quando o isolamento geográfico impede o cruzamento entre os indivíduos de duas populações, as espécies não são consideradas distintas.

c) As barreiras geográficas podem promover mecanismos de isolamento reprodutivo.

d) Barreiras ecológicas não promovem especiação.

e) Os mecanismos de isolamento reprodutivo pré-zigótico impedem a fecundação.

Resposta: C

REFERÊNCIAS

AMOS, J. **Fóssil achado na China pode ser mais antiga ave do mundo**. BBC News, 30 maio 2013. Atualizado em 31 maio 2013. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2013/05/130530_fossil_ave_china_jp>. Acesso em: 30 Jan 2026.

ATLAS VIRTUAL DA PRÉ-HISTÓRIA. (s.d.). **Dryopithecus**. Disponível em: <<https://www.atlasvirtual.com.br/dryopithecus.htm>>. Acesso em: 03 fev 2026.

BIOLOGIANET. (s.d.). **Órgãos análogos e órgãos homólogos** [Imagem]. BiologiaNet. Disponível em: <<https://www.biologianet.com/evolucao/orgaos-analogos-homologos.htm>>. Acesso em: 31 Jan 2026.

BIOLOGO EM CENA. (s.d.). **Irradiação adaptativa dos mamíferos** [2010]. Disponível em: <[https://biologoemcena.blogspot.com/2010/12/topicos-sobre-evolucao-parte-iv.html?view=timeslide&_escaped_fragment_="](https://biologoemcena.blogspot.com/2010/12/topicos-sobre-evolucao-parte-iv.html?view=timeslide&_escaped_fragment_=)>. Acesso em: 02 fev 2026.

BRADSHAW FOUNDATION. **Ardipithecus ramidus**. Disponível em: <https://www.bradshawfoundation.com/origins/ardipithecus_ramidus.php>. Acesso em: 03 fev. 2026.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). **Exame Nacional do Ensino Médio – ENEM 1998**. Brasília: INEP, 1998.

BRITO, S. Como foi feito o retrato de um Hominídeo de Denisova. **Rev. Veja**. 20 set 2019. **Disponível em:** <<https://veja.abril.com.br/ciencia/hominideos-denisova-fossil/>>. Acesso em 03 fev 2026.

KOLBERT, L. Sleeping with the Enemy. **Annals of Evolution**, 8 Ago. 2011. Disponível em: <<https://www.newyorker.com/magazine/2011/08/15/sleeping-with-the-enemy>>. Acesso em 03 fev 2026.

MARQUES, V. **Órgãos vestigiais: Para entender um pouco sobre evolução**. Conversando com a ciência, 13 junho 2018. Disponível em: <https://conversandocomacie.wixsite.com/ciencias/post/%C3%B3rg%C3%A3os-vestigiais-para-entender-um-pouco-sobre-evolu%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 30 Jan 2026.

OPENAI. *ChatGPT*. Imagem ilustrativa produzida por inteligência artificial para fins didáticos. Disponível em: <https://chat.openai.com>. Acesso em: 29 jan. 2026.

REECE, J. B.; WASSERMAN, S.A.; URRY, L.A.; CAIN, M. L.; MINORSKY, P. V.; JACKSON, R. B.; MACHADO, D. C.; RENARD, G.; OLIVEIRA, P. L. **Biologia de Campbell**. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

ROMERO H, N. A. **Morcego é mamífero ou ave?**.2023. (fotografia). Disponível em: <<https://www.peritoanimal.com.br/morcego-e-mamifero-ou-ave-24690.html>>. Acesso em: 30 Jan 2026.

TERCERO BIOLOGIA. (s.d.). **Isolamento reprodutivo** [2016]. Disponível em: https://terceirobbiologia.blogspot.com/2016/10/isolamento-reprodutivo_25.html. Acesso em: 02 fev 2026.

TIBURCIO, L. A **História dentro da História: Primatas Simios**. 2021. Disponível em: <<https://ahistoriadentrodahistoria.com.br/materia/70>>. Acesso em 03 fev 2026.

TODAMATERIA.COM. **Darwinismo**. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/darwinismo/>>. Acesso em: 02 fev 2026.

