

# 50

IDEIAS DE

 **BIOLOGIA** *Planeta*

QUE VOCÊ PRECISA CONHECER

*Tradução*  
Petê Rissatti

 **Planeta**

Trecho antecipado para divulgação. Venda proibida.

# Sumário

Introdução	5	27 Envelhecimento	110
01 Evolução	6	28 Células-tronco	114
02 Genes	10	29 Fertilização	118
03 A célula	14	30 Embriogênese	122
04 A origem da vida	18	31 Morfologia	126
05 A árvore da vida	22	32 Coloração	130
06 Sexo	26	33 Imunidade	134
07 Hereditariedade	30	34 Homeostase	138
08 Recombinação	34	35 Estresse	142
09 Mutação	38	36 Relógios biológicos	146
10 A dupla-hélice	42	37 Sono	150
11 O código genético	46	38 Memória	154
12 Expressão gênica	50	39 Inteligência	158
13 Dobramento de proteínas	54	40 Humanos	162
14 DNA-lixo	58	41 Polinização	166
15 Epigenética	62	42 A Rainha Vermelha	170
16 O fenótipo	66	43 Ecossistemas	174
17 Endossimbiose	70	44 Seleção natural	178
18 Respiração	74	45 Deriva genética	182
19 Fotossíntese	78	46 O gene egoísta	186
20 Divisão celular	82	47 Cooperação	190
21 O ciclo celular	86	48 Especiação	194
22 Câncer	90	49 Extinção	198
23 Vírus	94	50 Biologia sintética	202
24 Príons	98		
25 Multicelularidade	102	Glossário	206
26 Circulação	106	Índice	209

# Introdução

O que é a vida? A biologia é o estudo da vida. Então, antes de explorarmos os conceitos mais importantes da biologia, provavelmente precisaremos compreender o que “vida” realmente significa. No entanto, acabaremos andando em círculos se buscarmos seu significado em um dicionário, cujas definições usam expressões como “seres vivos” (em outras palavras, vida), “organismos” (de novo, vida) e “plantas e animais” (isso mesmo, vida!).

A biologia é a ciência das exceções, e isso ajuda a explicar por que a vida é tão difícil de rotular. Tomemos os vírus como exemplo. Muitos biólogos acham que um vírus não está vivo, pois ele não pode se reproduzir fora de uma célula hospedeira; porém, essa definição ignora casos como o da *Mycobacterium leprae*, um parasita intracelular que também não pode viver de forma independente. Não é de surpreender que os cientistas não tenham chegado a um consenso.

Enquanto a física tem várias leis, a única lei da biologia é a da evolução – embora a reprodução exija que genes e organismos tenham células. Os primeiros três capítulos deste livro exploram esses tópicos fundamentais antes de abordarmos a origem da vida – tecnicamente, química – e a árvore da vida. Os capítulos seguintes são divididos em quatro sessões de organização crescente: genes (capítulos 6 a 16), células (17 a 24), corpos (25 a 40) e populações (41 a 50). Nesta jornada, nós, seres humanos, teremos um próprio capítulo, bem como os vírus, o que nos leva de volta àquela grande questão.

Há duas maneiras de definir a vida: o que ela *tem* (por exemplo, células) e o que ela *faz* (processos como reprodução). Acredito que os vírus estão vivos, então digamos que a vida “tem” um recipiente para incluir o invólucro celular e o viral. Um corpo “faz” uma réplica (reprodução) e populações se adaptam a um ambiente por meio da evolução por seleção natural. Então, o que é a vida? A minha concepção de vida é a seguinte: uma entidade independente capaz de se replicar e se adaptar. Ela funciona, mas é pouco atraente. Se você encontrar uma definição melhor depois da leitura deste livro, eu adoraria conhecê-la.

JV Chamary

# 01 Evolução

**Todo organismo, passado e presente, está relacionado por meio da evolução e descende de ancestrais comuns. A mudança, ao longo do tempo, é impulsionada por mutações genéticas e adaptações ambientais, um processo que continua ininterruptamente desde a primeira forma de vida na Terra e é responsável pela biodiversidade que vemos hoje.**

A vida é uma grande família, e você é uma folha em uma árvore genealógica de um tamanho impossível de imaginar. Os seres humanos não descendem dos macacos, mas somos ambos primatas, ou seja, primos. Nossos parentes mais distantes incluem de bactérias a pássaros, e cada organismo descende do mais antigo dos avós, uma comunidade de células simples que são os ancestrais de toda a vida na Terra. No entanto, embora tenhamos um ascendente comum, somos diferentes porque qualquer população determinada – uma família, uma espécie, o reino animal – pode mudar com o tempo. Essa é metade da teoria da evolução ou, como Charles Darwin a chamou, é a “descendência com modificação”.

**Mutação** – Até o século XIX, acreditava-se que cada tipo de organismo (espécie) não podia mudar – era fixo ou imutável. Então, em 1809, o naturalista francês Jean-Baptiste Lamarck apresentou seu caso de “transformismo” ou “transmutação” de espécies. Seu livro *Philosophie Zoologique* propunha que as espécies mudam devido a pressões no ambiente. Lamarck estava correto quanto ao motivo por que os organismos se adaptam, mas errado sobre como eles o fazem; ele dizia que as adaptações poderiam ser adquiridas durante a vida de um indivíduo e passadas de geração em geração – o pescoço da girafa crescia cada vez mais porque seus ancestrais o esticavam para alcançar árvores altas.

A teoria de Lamarck, a herança de características adquiridas, foi rejeitada quando cientistas perceberam que as células do corpo não transmitiam atributos. Em 1883, o biólogo alemão August Weismann batizou essa ideia de

## linha do tempo

**1809**

A teoria da evolução com espécies que mudam com o tempo é esboçada por Lamarck

**1859**

*A origem das espécies*, de Darwin, explica a adaptação por seleção natural

**1865**

As leis de Mendel da herança revelam genes como unidades distintas de hereditariedade

teoria do germoplasma: apenas células reprodutivas como o esperma e o óvulo carregariam informações hereditárias. O monge austríaco Gregor Mendel, cujos experimentos de reprodução com ervilhas foram redescobertos em 1900, provou que as características são herdadas como partículas distintas – o que agora chamamos de genes.

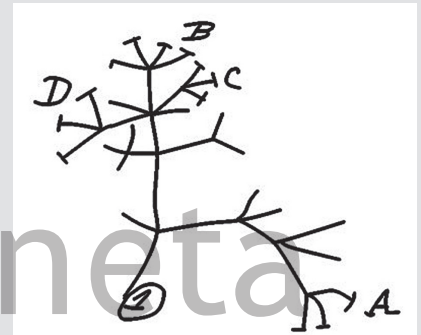
Hoje em dia, a palavra “mutação” é associada às mutações genéticas e a seu impacto nas características individuais, como metabolismo e aparência. As mutações são a fonte principal da variação biológica e fornecem a matéria-prima para a natureza eliminar organismos que não estejam bem-adaptados a seu ambiente. Essa é a segunda metade da teoria da evolução de Darwin – a seleção natural.

**Adaptação** Em 1859, Darwin publicou *A origem das espécies*, livro que descreve a diversidade da vida e o mecanismo que impulsiona populações a se adaptar ao ambiente: evolução por seleção natural. Com frequência a teoria é simplificada para “a sobrevivência do mais forte”, o que é levemente enganoso. Em primeiro lugar, “mais forte” obviamente envolve mais que desempenho físico – na biologia, mais forte significa quem tem a capacidade de sobreviver e reproduzir. Segundo, as pressões ambientais que levam a natureza a escolher entre os indivíduos – como a competição por recursos ou pares – não levam ao melhor, apenas descartam os piores. É melhor pensar na seleção natural como “a morte do menos adaptado”.

A seleção natural é a principal força que impulsiona a evolução, mas não é o único fator que influencia a maneira como as populações mudam. O oposto

## A árvore evolucionária de Darwin

Primeiro esboço de Charles Darwin para representar os relacionamentos entre organismos, do Caderno B sobre “transmutação das espécies” (1837). Esse primeiro desenho de uma árvore da vida mostra um ancestral comum na raiz (indicado como “1”). Ramos que terminam com um “T” (indicados como A, B, C e D) são os seres vivos; os outros são os grupos extintos.



### 1883

Weismann propõe características que são herdadas apenas via células reprodutivas

### 1910

Morgan e seus alunos demonstram que as mutações genéticas são a fonte da variação

### Anos 1930

A síntese evolutiva moderna combina seleção natural com genética

**“A partir de um início tão simples, infinitas formas, as mais belas e mais maravilhosas, foram e estão sendo geradas pela evolução.”**

**Charles Darwin**

da seleção natural é a “seleção purificadora”, um processo que impede a mudança desnecessária (se não está quebrado, não conserte). A mutação também pode ter um efeito menor em um indivíduo que esteja efetivamente oculto na seleção, então o destino da mutação no fundo (ou *pool*) genético da população depende do acaso ou da “deriva genética” aleatória. Nos anos 1930, geneticistas populacionais incorporaram essas ideias na teoria da seleção natural para criar uma síntese evolutiva moderna, ou “neodarwinismo”.

Evolução é como um carro em uma leve ladeira. O veículo vai descer lentamente em virtude da reprodução e da deriva genética. Ao pisar no freio, paramos e desfrutamos do cenário (seleção purificadora).

Ao pisarmos no acelerador, avançamos mais rápido e nos adaptamos, um processo que é abastecido pelas mutações e pela variação (seleção natural).

**A teoria da evolução** Parte do problema de compreender a “teoria da evolução” está na diferença entre a terminologia popular e a científica. Biólogos concordam que a evolução acontece – é um fato, é verdade –, mas podem discordar dos detalhes de seus mecanismos fundamentais: a teoria. As pessoas confundem “teoria” com “hipótese” (uma hipótese é uma previsão testável; uma teoria é a estrutura para ideias). Como qualquer teoria científica, os detalhes estão sendo constantemente refinados – como a teoria da gravidade, que não é mais baseada na lei universal da gravitação de Newton, mas foi acrescida da teoria geral da relatividade de Einstein. “Evolução” é outra palavra confusa. Ela significa “desenrolar” (qualquer mudança gradual), mas com frequência é usada como sinônimo de avanço ou desenvolvimento, o que explica por que filmes de ficção científica às vezes afirmam que indivíduos podem “evoluir”.

As adaptações da natureza são tão incríveis que pode ser difícil imaginar como elas conseguem ser formadas por múltiplos níveis evolutivos. Esse fato produz interpretações incorretas, como as do filósofo cristão William Paley, que, em 1902, comparou a complexidade da vida aos mecanismos intrincados de um relógio. Esse pensamento criacionista foi renomeado como “design inteligente”, uma falácia lógica baseada no “argumento da ignorância” ou no “deus das lacunas”. Em ambos os casos, se há uma lacuna na compreensão de um leigo ou especialista – um “elo faltante” na cadeia evolutiva (embora os cientistas prefiram o termo “fóssil transicional”) –, então se considera uma explicação sobrenatural.

Ao se observar a natureza, pode parecer que as espécies são perfeitamente adequadas a seu ambiente. Isso leva às atraentes histórias do “é assim mes-

## Design inteligente

Design inteligente (DI) é o conceito de que seres vivos são tão complexos que devem ter sido criados por um *designer* inteligente, como Deus ou alienígenas. O DI usa dois argumentos principais. A “complexidade específica” alega que informações biológicas, que codificam padrões e características, têm uma complexidade tão incrível que a probabilidade de terem conseguido evoluir por acaso é extremamente baixa. Diferente de uma teoria científica, esse argumento não faz previsões testáveis que provem se isso é verdadeiro ou falso; em vez disso, usa algoritmos para detectar um planejamento em exemplos abstratos. A “complexidade irreduzível” declara que certos sistemas biológicos são complexos demais para terem evoluído de sistemas mais simples. Um exemplo é o flagelo, a cauda semelhante a um chicote que algumas bactérias usam para sua mobilidade, que é comparado a uma ratoeira. Nos dois casos, se você reduzir o sistema a qualquer combinação de seus componentes, ele não funcionará. A explicação evolutiva é que partes de um sistema podem aparecer em um processo gradual. Algumas bactérias, por exemplo, usam partes do flagelo para se prender a superfícies ou liberar proteínas.

mo” para explicar características, como o longo pescoço da girafa. Os organismos ao nosso redor são um legado da adaptação passada, não do ambiente dos dias atuais. Então, para compreender as características da vida, é preciso antes compreender por que elas evoluíram. Para citar um ensaio do geneticista Theodosius Dobzhansky: “Nada na biologia faz sentido, exceto à luz da evolução”.

**A ideia condensada:  
Populações sofrem  
mutação e se adaptam  
com o tempo**

# 02 Genes

**Os genes carregam informações biológicas de geração em geração e modelam cada característica de um organismo, desde o metabolismo interno até a aparência externa. Um conjunto completo de genes – o genoma – codifica as instruções constitutivas de um indivíduo e influencia sua capacidade de crescer, sobreviver e se reproduzir.**

O que é um gene? Um dicionário o definirá como “uma unidade de hereditariedade que determina uma característica”. É como muitos de nós entendem o conceito, e é por isso que talvez digamos que pessoas bonitas têm “bons genes”, que a capacidade esportiva está “em seus genes” ou que pesquisadores descobriram “o gene” de alguma característica ou doença.

Variações genéticas diferentes também são “genes”, então um gene hipotético da inteligência também pode ser rotulado como “o gene do gênio” ou “o gênio da estupidez”, dependendo do ângulo da notícia. Cientistas fazem a mesma coisa: por exemplo, o desenvolvimento de uma drosófila é controlado por genes como corcunda e sem asa – designados segundo o efeito de mutações, não do que fazem normalmente. Pode-se atribuir uma certa confusão sobre a natureza dos genes ao fato de que o conceito mudou consideravelmente nos últimos 150 anos.

**Unidades de hereditariedade** A humanidade vem criando animais e plantas com traços desejáveis há milhares de anos, mas a explicação correta sobre como características são herdadas foi revelada apenas em 1865. A ciência da genética começou com o monge austro-húngaro Gregor Mendel, nascido onde hoje é a República Tcheca, que estudava de que forma características como cor de flores e formato de sementes são transmitidas às gerações seguintes. Seus experimentos reprodutivos com ervilhas forneceram observações estatísticas que lhe possibilitaram conceber leis de hereditariedade, princípios que sugeriam que os “elementos” que determinam feições são partículas separadas, unidades distintas de hereditariedade, que agora chamamos de genes.

## linha do tempo

**1865**

Unidade distinta de hereditariedade: os experimentos de Mendel sugerem que genes são partículas

**1910**

*Locus* distinto: Morgan e seus alunos mostram que os genes estão nos cromossomos

**1941**

Modelo de uma proteína: Beadle e Tatum descobrem que mutações alteram enzimas



## Natureza via criação

Não há debate sobre “natureza versus criação”, ao menos entre os biólogos. Os argumentos são empolgantes, e é por isso que os jornalistas com frequência apresentam a natureza e a criação como pontos de vista opostos. Reportagens também relatam descobertas científicas usando frases como “o gene de” alguma coisa, sugerindo que a natureza determina completamente uma característica; e, por outro lado, alguns cientistas sociais, sobretudo psicólogos, afirmam que o comportamento é determinado pela criação. A verdade muitas vezes fica em algum lugar entre as duas opiniões. Considere a obesidade humana, por exemplo: os genes controlam sua predisposição para ganhar peso por meio de variantes genéticas que determinam o metabolismo energético e a resposta de seu corpo à atividade física (natureza), mas se manter em forma e saudável também significa não ingerir muitas calorias e praticar exercícios regularmente (criação). Assim, as características e o comportamento de um organismo são quase sempre o resultado de uma interação entre seus genes e o meio ambiente – a natureza via criação.

O gene foi de entidade abstrata a objeto concreto em 1910, quando o geneticista norte-americano Thomas Hunt Morgan descobriu uma drosófila com uma mutação que mudava a cor do olho de vermelho para branco. Seus experimentos reprodutivos mostraram que padrões de hereditariedade estavam relacionados a ser macho ou fêmea (determinado por diferentes cromossomos sexuais), e, portanto, que esses cromossomos são as estruturas físicas que carregam os genes. Morgan e seus alunos demonstraram que os genes estão localizados em um lugar específico em um cromossomo, e assim o gene se tornou um objeto físico em um “locus” distinto.

Os cromossomos consistem em dois tipos de moléculas: proteínas e DNA (ácido desoxirribonucleico). Qual é o material genético? Em 1944, o trio canadense-estadunidense Oswald Avery, Colin MacLeod e Maclyn McCarty demonstrou que bactérias não virulentas podiam ser transformadas em uma cepa mortal na presença de DNA, mas não de outras partes das células, provando que o DNA é a molécula que carrega os genes. Anteriormente, cientistas supunham que as proteínas eram o material genético porque seus blocos construtores químicos – aminoácidos – são mais variados do que os quatro nucleotídeos no DNA, transformando-os em um melhor candidato

**1944**

Molécula física: Avery, MacLeod e McCarty provam que o DNA é material genético

**1961**

Código transcrito: Crick e colegas mostram que o código genético usa sequências triplas

**1995**

Entidade genômica anotada: sequências de DNA são usadas para prever genes, inclusive o RNA

para a codificação das informações biológicas. Esse pensamento mudou depois que a estrutura do DNA foi revelada por James Watson e Francis Crick, em 1953, pois o pareamento entre bases na dupla-hélice revelou uma maneira de copiar informações. O gene transformou-se em uma molécula física.

**Sequências de codificação de proteínas** As proteínas fazem a maior parte do trabalho duro no corpo, desde formar o esqueleto interno de uma célula até servir como moléculas de sinalização entre os tecidos. Além disso, muitas proteínas são enzimas, que catalisam as reações químicas do metabolismo que impulsionam a vida. O efeito de um gene nas características de um organismo – o fenótipo – nem sempre é visível, mas é, em última análise, o resultado de como seu genótipo afeta a atividade bioquímica dentro das células. Em 1941, ao expor mofo de pão a raios X, os geneticistas norte-americanos George Beadle e Edward Tatum mostraram que as mutações causaram alterações nas enzimas em pontos específicos de uma via metabólica. Isso levou à hipótese “um gene, uma enzima” (mais tarde “um gene, uma proteína”), que apresenta os genes como instruções para se criar uma molécula funcional. Especificamente, o gene se tornou o modelo de uma proteína.

**“Parece provável que a maioria das informações genéticas em qualquer organismo, se não todas, seja transportada por um ácido nucleico, em geral pelo DNA.”**

**Francis Crick**

Depois de desvendar a estrutura do DNA, os cientistas começaram a decifrar como suas instruções são usadas pelas células, traduzindo o código genético do DNA para a linguagem das proteínas. A primeira descoberta, de Francis Crick e colegas em 1961, mostrou que os genes usam palavras de três letras, ou trinca. Os cinco anos seguintes mostraram que cada trinca era um código para formar um aminoácido específico em uma cadeia de proteínas, mas antes que uma sequência de letras de DNA possa ser traduzida, deve ser transcrita – lida e copiada – em um RNA mensageiro (RNAm). Assim, os genes precisam codificar uma sequência ininterrupta de trinca: um “quadro de leitura aberto”. Esse raciocínio levou à primeira sequenciação de gene a partir do bacteriófago MS2 pelo biólogo belga Walter Fiers, em 1971.

Em 1995, o geneticista norte-americano J. Craig Venter liderou uma equipe que publicou a primeira sequência de DNA de um organismo completo (a bactéria *Haemophilus influenzae*): as localizações de genes potenciais foram previstas pela varredura da sequência de quadros de leitura abertos. Nesse momento, o genoma se transformou em um dado de computador, e o gene, em uma entidade genômica anotada.

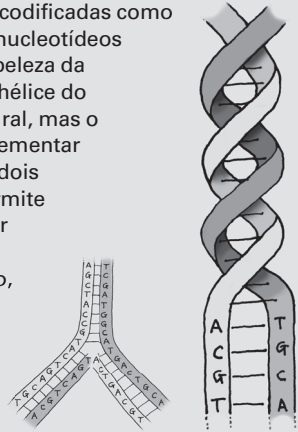
**Produtos funcionais** A visão do gene centrada em proteínas ainda é a maneira mais popular de se explicar sua função, mas o DNA também codi-

fica os modelos para a criação do RNA. Pequenas moléculas de “RNA de transferência” são usadas para decifrar o código genético durante a tradução: por exemplo, considerando que a máquina que agrupa os aminoácidos em uma proteína – o ribossomo – é construída em torno do “RNA ribossômico”. Desde a década de 1980, vários outros tipos de “RNA não codificador” foram descobertos para controlar aspectos da atividade genética.

Embora os genomas em organismos como bactérias consistam principalmente em genes codificadores de proteínas, os genomas de muitas espécies são, em sua maioria, DNA não codificador – cerca de 98% do genoma humano não codifica proteínas. A “era da genômica” revelou que os genes geralmente consistem em várias partes espalhadas ao longo de um cromossomo, às vezes se sobrepondo umas às outras. O DNA está repleto de elementos funcionais, como interruptores de controle genético, que podem estar distantes de seu gene associado. Em 2007, biólogos da Universidade Yale, trabalhando no projeto Encode (Enciclopédia dos elementos de DNA, em português), apresentaram uma nova definição: “Um gene é uma união de sequências genômicas que codificam um conjunto coerente de produtos funcionais que potencialmente se sobrepõem”.

## A dupla-hélice

Os genes carregam informações biológicas que são codificadas como uma sequência de nucleotídeos (letras) no DNA. A beleza da estrutura de dupla-hélice do DNA não é sua espiral, mas o pareamento complementar entre as bases nos dois filamentos, que permite a cada filamento ser um modelo ou *backup* para o outro, tornando-o ideal para o transporte de instruções genéticas.



**A ideia condensada:  
Unidades de  
hereditariedade  
codificam biomoléculas  
funcionais**

# 03 A célula

**A unidade básica da vida pode funcionar como um organismo independente ou fazer parte de um corpo multicelular, e cada célula é preenchida com diversos compartimentos que desempenham as inúmeras reações do metabolismo. Por isso, é um pouco irônico que a célula tenha recebido esse nome por causa de espaços vazios.**

Em 1665, o polímata inglês Robert Hooke publicou *Micrographia*, uma coleção de observações que fez usando microscópios e telescópios. Entre os muitos insetos e objetos astronômicos há um desenho detalhado e uma descrição da estrutura semelhante a um favo de mel dentro de uma fatia de cortiça. Ele chamou os espaços cheios de ar de “células”.

O microscopista holandês Antonie van Leeuwenhoek foi o primeiro a ver células vivas e, a partir de 1673, começou a relatar sua descoberta em cartas à Royal Society de Londres. Ele descreveu minúsculas partículas em movimento e, supondo que a mobilidade se devesse à presença de vida animal, concluiu que eram “animálculos”. Van Leeuwenhoek descobriu muitos organismos microscópicos, inclusive protistas unicelulares, células sanguíneas, espermatozoides e até bactérias nas placas dentárias, mas a velocidade do avanço diminuiu até a chegada do século XIX, quando microscópios ópticos e novas técnicas de preparação de tecidos possibilitaram a observação dentro das células.

**Teoria celular** O primeiro a afirmar que todas as formas de vida são feitas de células provavelmente foi o fisiologista vegetal francês Henri Dutrochet, em 1824, mas o crédito pela ideia em geral é dado a dois alemães: o botânico Matthias Schleiden e o zoólogo Theodor Schwann. Em 1838, Schleiden afirmou que toda estrutura vegetal consiste em células ou seus produtos, e Schwann disse que isso se aplicaria também aos animais.

A teoria celular de Schleiden e Schwann tinha três princípios: todos os seres vivos são compostos de células; a célula é a unidade mais básica da vida;

## linha do tempo

**1673**

Organismos microscópicos, inclusive bactérias, são observados pela primeira vez por Van Leeuwenhoek

**1824**

Dutrochet propõe que todas as formas de vida consistem em células que realizam o metabolismo

**1831**

O núcleo é reconhecido por Brown como sendo onipresente em células vegetais

e as células se formam por cristalização. Sabemos agora que o último princípio está equivocado: as células não surgem por geração espontânea a partir de matéria inorgânica, mas, sim, quando uma célula preexistente se divide em duas, um processo observado em algas pelo belga Barthélemy Dumortier, em 1832, e em células animais pelo polonês Robert Remak, em 1841.

Em 1882, a divisão celular foi descrita em detalhes pelo biólogo alemão Walther Flemming. Depois da invenção das lentes de imersão em óleo e dos corantes que clarificavam as estruturas da célula, Flemming usou o anil para colorir os cromossomos e mostrou que eles eram copiados e arrastados para dentro de duas células-filhas. Esse processo, conhecido como “mitose”, não é realizado por todas as células, apenas por aquelas cujos cromossomos estão contidos em um envelope nuclear.

**O núcleo** O botânico escocês Robert Brown é mais conhecido por descrever o movimento aleatório de partículas através de um movimento fluido, ou browniano, mas também fez grandes contribuições para a biologia celular. Em um artigo lido para a Sociedade Lineana, em 1831, Brown observou que “uma única aréola circular... ou núcleo da célula” poderia ser encontrada em vários tecidos foliares de orquídeas, sugerindo que a estrutura era onipresente e, assim, importante nas células.

No entanto, o núcleo não é vital para a vida: as bactérias ficam felizes em deixar seu DNA – um cromossomo circular e muitas vezes alguns “plasmí-

## Teoria dos germes

Atualmente, acreditamos que as doenças podem ser causadas por microrganismos invisíveis a olho nu, mas antes a maioria das pessoas acreditava que as doenças eram transmitidas por “miasma” ou contágio (contaminação ou contato direto). O microscopista holandês Antonie van Leeuwenhoek descobriu organismos muito pequenos para serem vistos a olho nu, mas não era óbvio se os microrganismos associados a uma doença eram sintomas ou causas. Então, na década de 1850, o químico e microbiologista francês Louis Pasteur mostrou que cerveja, vinho e leite continham células que se multiplicavam e estragavam alimentos. O aquecimento dos líquidos matava os microrganismos, tratamento conhecido atualmente como pasteurização. Os testes de Pasteur ajudaram a refutar a ideia de que a vida surge da matéria inorgânica por “geração espontânea”, levando-o a pensar que, se os microrganismos causavam apodrecimento, talvez pudessem também causar doenças.

### 1838-39

Teoria celular para unidade de vida é desenvolvida por Schleiden e Schwann

### 1884

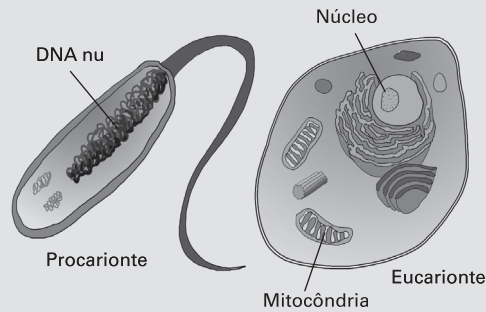
Möbius descreve a estrutura dentro de organismos unicelulares como uma organela

### 1962

A distinção entre procariontes e eucariontes é popularizada por Stanier e Van Niel

## Procariontes e eucariontes

Os organismos são procariontes ou eucariontes, definidos por suas células terem ou não um núcleo. O DNA dos procariontes, como as bactérias, está localizado no citoplasma, enquanto o material genético dos eucariontes está contido em um envelope nuclear. As células eucariontes são mais complexas e contêm compartimentos ligados à membrana, como mitocôndrias e cloroplastos.



deos” – flutuando nu no citoplasma, o que pode ser uma vantagem, pois permite uma resposta rápida às necessidades metabólicas: a informação genética é lida a partir do DNA e, em seguida, interpretada para produzir proteínas úteis simultaneamente, em vez de desacoplar os processos, realizando a transcrição no núcleo e a transdução no citoplasma.

Os organismos são classificados segundo a presença do núcleo em suas células: os eucariontes têm um núcleo, enquanto os procariontes não, uma distinção popularizada pelos microbiologistas Roger Stanier e C. B. van Niel em 1962. Os eucariontes (do grego “noz verdadeira” ou “núcleo verdadeiro”) incluem tudo, desde os protistas unicelulares até organismos multicelulares como animais e plantas; os procariontes (“antes da noz” ou “antes do núcleo”) incluem os domínios *Bacteria* e *Archaea*. Então, como surgiu o núcleo? Há uma dúzia de hipóteses, que se dividem em dois tipos: origens externas envolvem um microrganismo evoluindo para o núcleo; origens internas sugerem que uma célula dobrou sua membrana externa para dentro para formar o envelope nuclear. Cenários externos incluem uma relação simbiótica com uma célula vivendo dentro de outra, uma arqueana cercada por uma comunidade de bactérias que mais tarde se fundiram e a infecção por um vírus complexo.

**Organelas** Em 1884, o zoólogo alemão Karl Möbius descreveu a estrutura reprodutiva em protistas unicelulares como “*organula*” (pequeno órgão). A palavra “organela” é usada atualmente para descrever qualquer estrutura com uma função distinta em células eucariontes. Muitos são até análogos aos órgãos do corpo humano: as mitocôndrias são como os pulmões, respirando oxigênio para liberar energia; o citoesqueleto se assemelha aos músculos e aos ossos, proporcionando movimento e suporte; a membrana plasmática é semelhante à pele, uma barreira largamente impe-

netrável; e o núcleo é como o cérebro, exceto pelo fato de armazenar a memória de ancestralidade genética em vez de experiências passadas.

Os procariontes têm órgãos ainda menores. Enquanto as células eucariontes têm compartimentos subcelulares ligados por uma ou mais membranas, as organelas procarióticas são envolvidas por conchas baseadas em proteínas. Algumas bactérias sentem o campo magnético da Terra usando uma cadeia de “magnetossomos”, por exemplo, enquanto outras usam “carboxossomos” para concentrar a enzima de fabricação de carboidratos RuBisCO. As células eucariontes também têm compartimentos ligados a proteínas, misteriosas miniorganelas de função desconhecida chamadas de complexo vault.

**“Se compararmos a extrema simplicidade dessa estrutura surpreendente com a extrema diversidade de sua natureza mais íntima, fica claro que ela constitui a unidade básica do estado organizado; de fato, tudo é derivado da célula.”**

**Henri Dutrochet**

Embora os organismos eucariontes tenham células complexas e possam formar corpos multicelulares grandes, os procariontes constituem a maior parte da vida na Terra. Os microfósseis mais antigos de células eucariontes têm cerca de 1,5 bilhão de anos, mas microrganismos simples já existiam antes deles havia cerca de 2 bilhões de anos. Complexidade não é uma medida de sucesso evolutivo, e maior não é necessariamente melhor.

**A ideia condensada:  
As unidades  
estruturais e  
funcionais de todas  
as coisas vivas**