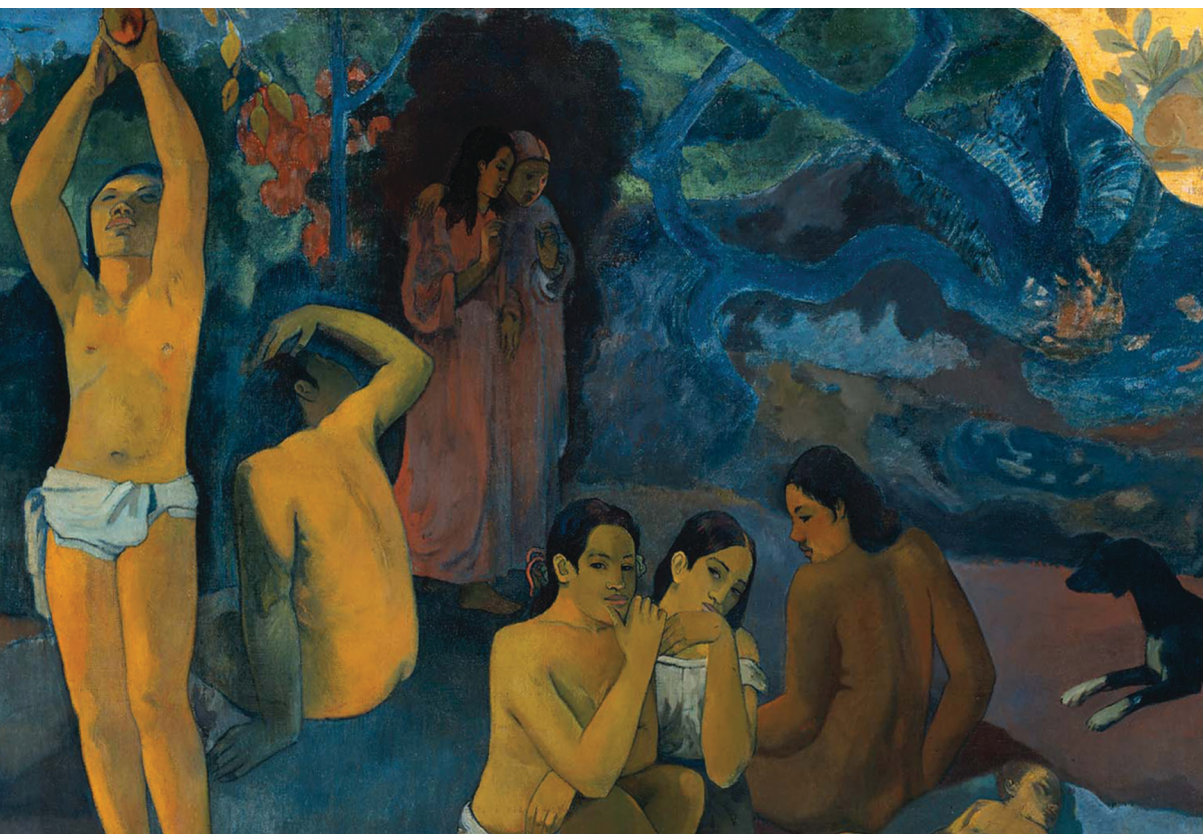


H. Moysés Nussenzveig

**De onde viemos?
O que somos?
Para onde vamos?**



Blucher

Como a ciência explica
a origem e o funcionamento
da vida

H. Moysés Nussenzveig

**DE ONDE VIEMOS?
O QUE SOMOS?
PARA ONDE VAMOS?**

Como a ciência explica a origem e o funcionamento da vida

De onde viemos? O que somos? Para onde vamos?: como a ciência explica a origem e o funcionamento da vida

© 2019 H. Moysés Nussenzveig

Editora Edgard Blücher Ltda.

Imagem da capa: Paul Gauguin, *D'où venons-nous? Que sommes-nous? Où allons-nous?*, óleo sobre tela, 1,40 × 3,75 m, 1898, Boston Museum of Fine Arts.

Publisher Edgard Blücher

Editor Eduardo Blücher

Coordenação editorial Bonie Santos

Produção editorial Isabel Silva, Luana Negraes e Mariana Correia Santos

Preparação de texto Maurício Katayama

Diagramação Guilherme Henrique Martins Salvador

Revisão de texto Marise Leal

Tradução das imagens Bárbara Waida

Capa Leandro Cunha

Todos os esforços foram feitos para encontrar e contatar os detentores dos direitos autorais das imagens utilizadas neste livro. Pedimos desculpas por eventuais omissões involuntárias e nos comprometemos a incluir os devidos créditos e corrigir possíveis falhas em edições subsequentes.

Blucher

Rua Pedroso Alvarenga, 1245, 4º andar

04531-934 – São Paulo – SP – Brasil

Tel.: 55 11 3078-5366

contato@blucher.com.br

www.blucher.com.br

Segundo Novo Acordo Ortográfico, conforme 5. ed. do *Vocabulário Ortográfico da Língua Portuguesa*, Academia Brasileira de Letras, março de 2009.

É proibida a reprodução total ou parcial por quaisquer meios sem autorização escrita da editora.

Todos os direitos reservados pela Editora Edgard Blücher Ltda.

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
ANGÉLICA ILACQUA CRB-8/7057

Nussenzveig, H. Moysés

De onde viemos? O que somos? Para onde vamos? : como a ciência explica a origem e o funcionamento da vida / H. Moysés Nussenzveig. – São Paulo : Blucher, 2019.
168 p. : il., color

Bibliografia

ISBN 978-85-212-1445-8 (impresso)

ISBN 978-85-212-1446-5 (e-book)

1. Ciência – Miscelânea 2. Biologia I. Título.

19-0412

CDD 500

Índice para catálogo sistemático:

1. Ciência – Miscelânea

Conteúdo

Prefácio	11
Parte I	
De onde viemos?	
<i>Capítulo 1</i> – De onde viemos? O que somos? Para onde vamos?	15
<i>Capítulo 2</i> – A origem da vida	23
<i>Capítulo 3</i> – Geração da energia biológica e os procariontes	33
<i>Capítulo 4</i> – A origem dos eucariontes e da complexidade	37
<i>Capítulo 5</i> – Como a luz solar sustenta a vida na Terra	43
Parte II	
O que somos? A célula	
<i>Capítulo 6</i> – O conteúdo de nossas células	51
<i>Capítulo 7</i> – MMM: Máquinas Moleculares Maravilhosas	55
<i>Capítulo 8</i> – O demônio de Maxwell	59
<i>Capítulo 9</i> – Como uma só molécula mexe com a célula	65
<i>Capítulo 10</i> – Como o marinheiro Popeye mostra seu muque	69
<i>Capítulo 11</i> – O motor da vida	75
<i>Capítulo 12</i> – O segundo segredo da vida	79
<i>Capítulo 13</i> – Como o DNA é transcrito	85
<i>Capítulo 14</i> – O Lego das proteínas	89

Parte III
Quem somos? O organismo

<i>Capítulo 15</i> – O mistério da morfogênese	97
<i>Capítulo 16</i> – Por que o pólen me faz espirrar?	103
<i>Capítulo 17</i> – Como se propagam os sinais nervosos	109
<i>Capítulo 18</i> – Como vemos e ouvimos	115
<i>Capítulo 19</i> – Os mecanismos da memória	121
<i>Capítulo 20</i> – A consciência	125
<i>Capítulo 21</i> – Livre-arbítrio?	131

Parte IV
Para onde vamos?

<i>Capítulo 22</i> – Por que não somos imortais?	137
--	-----

Parte V
Maravilhosa, mas não miraculosa

<i>Capítulo 23</i> – <i>Le hasard et la nécessité</i>	143
<i>Capítulo 24</i> – A vida é uma maravilha, mas não é um milagre	147

Créditos das figuras	149
Glossário	155
Para saber mais	163

1. De onde viemos? O que somos? Para onde vamos?



Figura 1.1 Paul Gauguin, *D'où venons-nous ? Que sommes-nous ? Où allons-nous ?*, óleo sobre tela, 1,40 × 3,75 m, 1898, Boston Museum of Fine Arts.

Na tela *D'où venons-nous ? Que sommes-nous ? Où allons-nous ?* (Figura 1.1), que Paul Gauguin considerava sua obra-prima, vemos à direita um bebê, à esquerda uma anciã e no centro uma figura humana adulta colhendo uma maçã da árvore do conhecimento. A figura azul do ídolo pode simbolizar a resposta da religião às três indagações do título. Este livro situa-se no centro, procurando expor até que ponto a ciência atual pode fornecer essa resposta.

Pressuponho leitores com formação de nível médio e forte apetite pela maçã da ciência – ou seja, curiosidade. Procurarei convencê-los de que a vida é maravilhosa, mas também explicável.

O patriarca da biologia, Charles Darwin (Figura 1.2), foi desde cedo um apaixonado naturalista. Em 1831, com 22 anos, embarcou numa expedição por cinco anos a bordo da escuna Beagle em torno da América do Sul, colhendo amostras da flora e da fauna terrestre e marinha em cada porto. Em Salvador, indignou-se com o tratamento desumano dado aos escravos.

A escala que mais o influenciou, já na etapa final da viagem, foi no arquipélago de Galápagos, um conjunto de mais de uma dezena de ilhas vulcânicas bem dispersas e isoladas, a mil quilômetros da costa do Equador. Os cascos das tartarugas-gigantes diferiam bastante entre si, permitindo identificar de que ilha provinham. Isso também valia para a forma dos bicos dos tentilhões, que variava adaptando-se ao tipo de alimentos encontrados por esses pássaros em suas ilhas de origem: bicos finos, aptos a penetrar em flores, ou em espátula, aptos a debulhar sementes.

De volta à Inglaterra, ocorreu a Darwin uma analogia entre essas variações e aquelas obtidas por criadores de animais domésticos ou floricultores para desenvolver características desejáveis. As diferentes espécies de pássaros ou tartarugas adaptadas às diferentes ilhas em Galápagos teriam surgido por um processo seletivo análogo, da própria Natureza, que chamou de “seleção natural”.

Como essas novas espécies teriam se originado? Em Galápagos, populações de pássaros ficaram por muito tempo segregadas por barreiras, impedindo-as de cruzarem umas com as outras em virtude da migração para ilhas distantes.

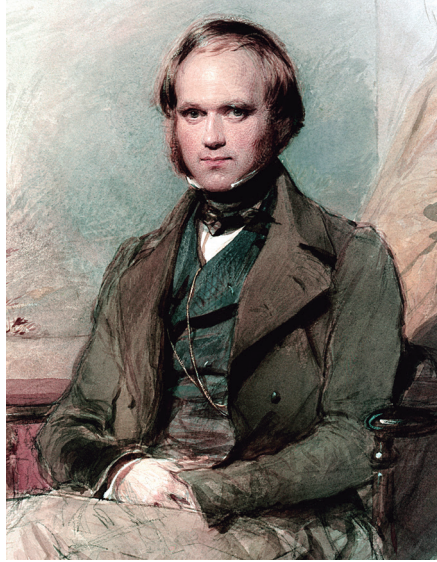


Figura 1.2 Charles Darwin, em 1840, retratado por George Richmond. Entre os 22 e os 27 anos, excursionando com a expedição exploratória da escuna Beagle, coletou amostras de flora e fauna em Salvador, Montevidéu, Valparaíso, Callao e nas ilhas Galápagos.

Nessa situação, variações naturais entre diferentes indivíduos favorecem aqueles mais aptos a sobreviver à diversidade das condições encontradas (como o tipo de alimentos disponíveis). Tais variações são herdadas por seus descendentes.

Em 1859, Darwin publicou seu grande tratado sobre *A origem das espécies*. O parágrafo final é tão bonito que não resisto a citá-lo:

Existe grandeza nesta visão de que a vida, com suas imensas potencialidades, tenha sido originalmente insuflada em algumas formas ou numa única; e que, enquanto este planeta permaneceu orbitando sob o efeito permanente da lei da gravitação, infindáveis formas das mais belas e maravilhosas evoluíram, e continuam evoluindo.

A obra de Darwin continha duas lacunas básicas: não explicava a herança dos caracteres adquiridos, nem a origem das variações naturais (mutações). Coube ao frade austríaco Gregor Mendel decifrar as leis sobre transmissão dos caracteres hereditários, realizando experimentos de polinização cruzada entre milhares de plantas de ervilhas, ao longo de uma década. Os resultados que publicou em 1865 demonstraram que cada um desses caracteres, como o da cor das flores, é transmitido por uma espécie de “molécula da hereditariedade”, depois chamada de “gene”.

Os trabalhos de Mendel permaneceram ignorados por décadas: só foram redescobertos em 1900. A teoria moderna da evolução resultou da síntese entre as ideias de Darwin e as leis da genética de Mendel. Seu papel central para a compreensão de como funciona a vida foi bem sintetizado pelo geneticista Theodosius Dobzhansky: “Nada na biologia faz sentido exceto à luz da evolução”.

Qual é a estrutura material de um gene? Num livro publicado em 1944 e intitulado *O que é vida?*, o físico Erwin Schrödinger, um dos criadores da teoria quântica, especulou que o material transmitido entre gerações deveria ser estável, como um cristal, mas sem a regularidade do cristal, pois é capaz de codificar um grande número de possibilidades (caracteres hereditários) – por isso, chamou-o de “cristal aperiódico”.



Figura 1.3 James Watson (à esquerda) e Francis Crick, em 1953. O Prêmio Nobel de Fisiologia e Medicina de 1962 foi compartilhado por eles e o físico Maurice Wilkins “pelas descobertas da estrutura molecular dos ácidos nucleicos e suas implicações para a transferência de informação entre os seres vivos”.

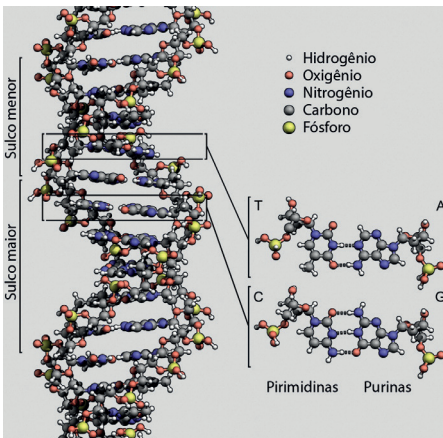


Figura 1.4 Estrutura do DNA. Os detalhes mostram o emparelhamento entre as bases e as ligações entre elas através de pontes de hidrogênio.

O livro de Schrödinger influenciou fortemente o trabalho realizado em 1954 por Watson e Crick (Figura 1.3) sobre a estrutura da molécula de DNA. James Watson decidiu dedicar-se à genética depois de ler esse livro. Encontrou-se com Francis Crick em Cambridge, no Laboratório Cavendish, onde estavam sendo desenvolvidos métodos de cristalografia para deslindar a estrutura de moléculas biológicas. O DNA (ácido desoxirribonucleico) já era forte candidato a molécula da hereditariedade.

Francis Crick, com formação em Física, queria desde cedo abordar dois problemas fundamentais da biologia: a natureza das moléculas da vida e a da consciência no cérebro. Veremos no Capítulo 20 sua contribuição ao segundo problema. No dia em que chegou com Watson ao modelo da dupla hélice do DNA, foi a um *pub* em Cambridge anunciar publicamente que haviam “decifrado o segredo da vida”. Era mais que mera bravata de físico. O artigo publicado na revista *Nature* (1953, p. 737) terminava dizendo: “Não deixamos de perceber que o emparelhamento específico postulado (entre as bases) sugere imediatamente um método possível de replicação do material genético”.

Conforme ilustrado na Figura 1.4, o DNA é formado por duas cadeias (de fosfato e desoxirribose) enroscadas uma na outra, como uma trepadeira. Presas em cada cadeia e defrontando-se no interior da hélice há uma sequência de *nucleotídeos*, que são as quatro *bases* A (adenina), C (citosina), G (guanina) e T (timina), sempre emparelhadas (uma de cada lado): A com T e C com G. As bases dos dois lados estão unidas por *pontes de hidrogênio*, que formam ligações fracas entre elas. Decorre do emparelhamento que as duas cadeias contêm informações complementares, e a fraqueza das ligações facilita a sua separação no processo de replicação, uma das características fundamentais da vida.

As bases são as letras do alfabeto genético. O próximo passo foi tratar de entender a mensagem codificada pela sequência das bases. Conforme veremos, os principais atores em todos os processos celulares são as *proteínas*, macromoléculas formadas por cadeias de aminoácidos. Há vinte aminoácidos essenciais na estrutura das células, sugerindo que *a informação genética deva especificar a sequência dos aminoácidos nas proteínas* – o que é correto.

Uma pista experimental sugeria também uma conexão direta das proteínas com um parente próximo do DNA, o RNA (ácido ribonucleico). Ele difere do DNA por ter uma única cadeia, de fosfato e ribose (no lugar de desoxirribose), à qual também se prendem sequências de quatro bases, que só diferem das do DNA pela substituição de uracila (U) no lugar da timina, com a mesma propriedade de emparelhamento com a adenina.

Decifrar o *código genético*, às vezes referido como a *linguagem da vida*, poderia ter sido considerado por Sherlock Holmes como um “problema para três cachimbos”. Crick, junto com outros pesquisadores, descobriu que o número 3 é a chave: o código genético é um *código de tripletos*. Combinar as bases 2 a 2 só permitiria codificar $4 \times 4 = 16$ dos 20 aminoácidos essenciais.

Combinando-as 3 a 3 há $4 \times 4 \times 4 = 64$ combinações possíveis, mas a redundância é benéfica. Permite assinalar tripletos para codificar onde começa (*start*) e onde termina (*stop*) a leitura da mensagem. Em vários casos, dada a redundância, mais de uma combinação codifica o mesmo aminoácido, conforme se verifica na Figura 1.5. Por exemplo, a leucina é codificada tanto por UUA como por UUG.

É fácil conceber que a informação pode passar de uma das cadeias do DNA, contido no núcleo de uma célula, para um fragmento de RNA (processo chamado de *transcrição*) usando a complementaridade e emparelhamento das bases, e que esse fragmento, conhecido como *RNA mensageiro*, pode migrar do núcleo para o citoplasma da célula. A *tradução* pela leitura dos tripletos, conhecidos como *códons*, leva à construção da proteína, conforme ilustrado na Figura 1.6.

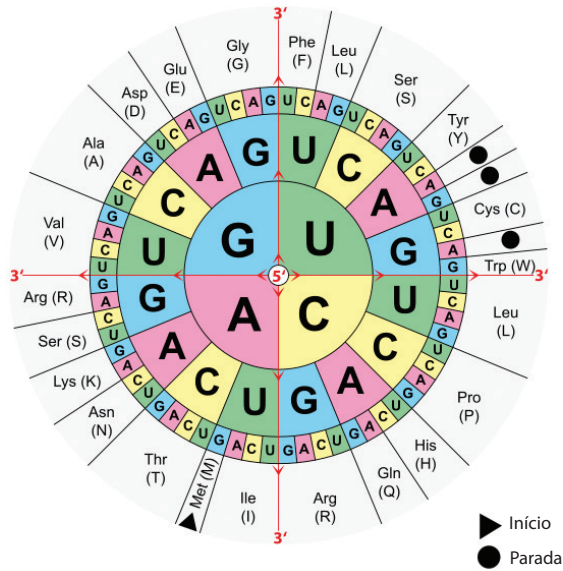


Figura 1.5 Código genético. Para ver qual aminoácido é codificado por qual tripleto (códon), comece escolhendo uma letra no círculo central, depois a segunda letra no primeiro anel concêntrico e, finalmente, a terceira letra no anel concêntrico externo. Note que a base T é substituída por U, porque os códons são traduzidos em aminoácidos no RNA mensageiro, não no DNA (Figura 1.6).

Mas que mecanismos a célula emprega para todo esse processo? Tere-mos de aprofundar o conhecimento sobre a estrutura da célula para responder a essa pergunta (Capítulos 13 e 14). Entender como são produzidas as proteínas é essencial para responder à pergunta “O que somos?”, porque as proteínas desempenham papéis centrais no funcionamento da vida.

Assim, muitas proteínas são *enzimas*, que funcionam como *catalisadores* das reações bioquímicas, aumentando enormemente a velocidade de reação. Reações que ocorrem espontaneamente, mas que sem catálise poderiam levar anos para se realizar, produzem-se em fração de segundo na presença de uma enzima específica. A enzima favorece a reação, mas, como é próprio da catálise, não é afetada por ela, podendo ser depois reutilizada em novas reações. Em particular, proteínas catalisam a transcrição e a tradução do DNA.

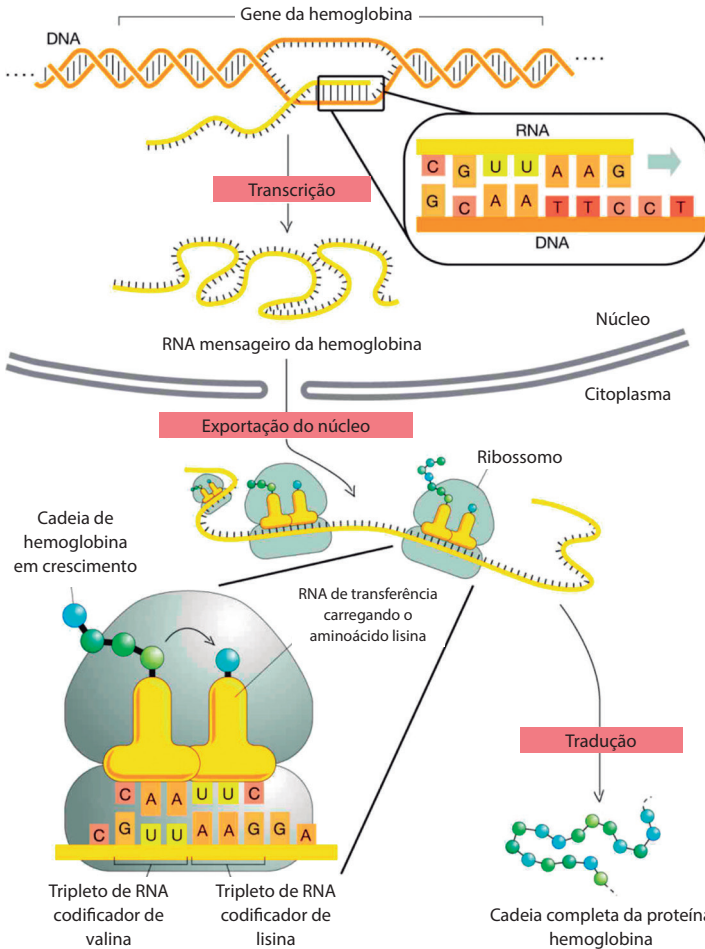
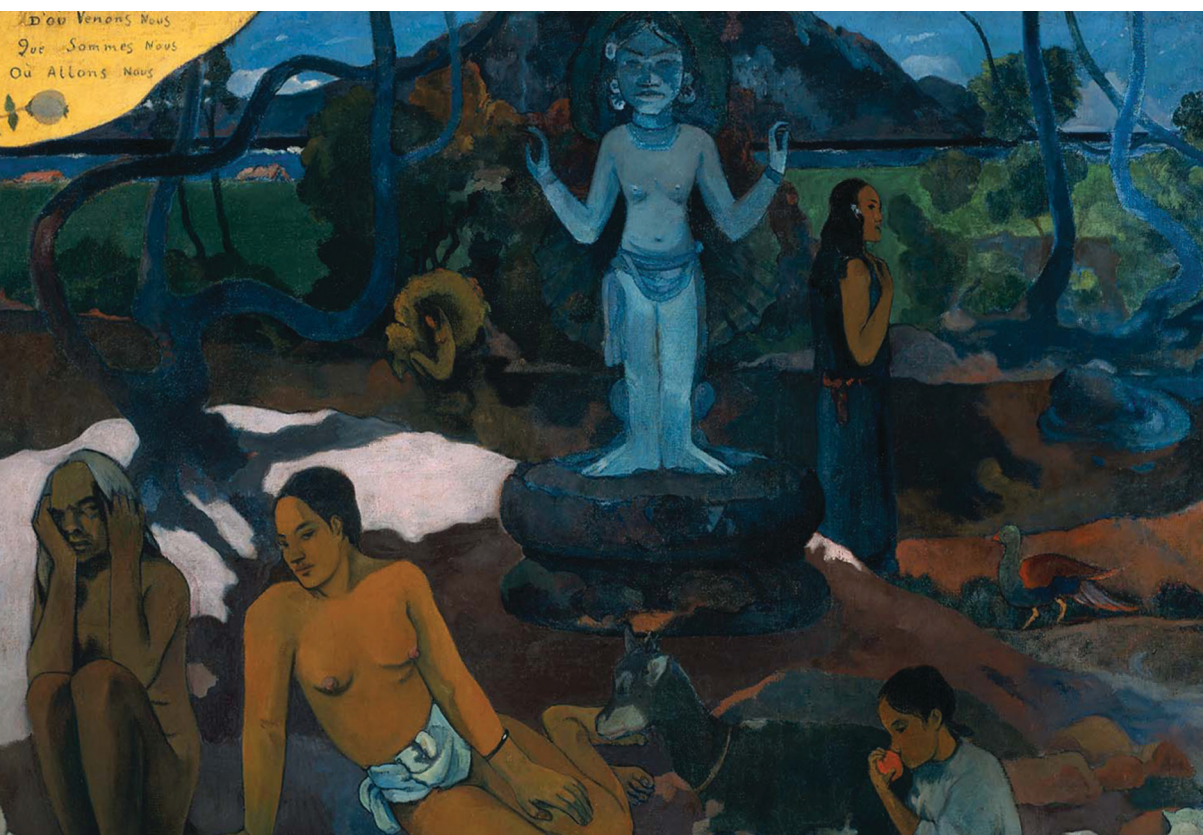


Figura 1.6 Etapas da construção de uma proteína. Na *transcrição*, uma das fitas do gene no DNA é copiada pela enzima *RNA polimerase* usando a complementaridade entre as bases (C com G e A com U) para produzir uma fita única de *RNA mensageiro*. Ainda no núcleo, ela sofre o *processamento*, um processo de corte (*splicing*) para remover tripletos que não codificam proteínas, os *íntrons*. Depois migra do núcleo para o citoplasma. Nele, vai encontrar um *ribossomo*, onde é efetuada a *tradução* dos códon para aminoácidos e a montagem das proteínas. Os detalhes do processo todo são descritos no Capítulo 13.

Podemos agora abordar a primeira pergunta: “De onde viemos?”

A vida é muito mais maravilhosa do que a grande maioria das pessoas imagina. Este livro, fartamente ilustrado em cores, expõe resultados das mais recentes e atualizadas pesquisas de fronteira sobre como surgiu a vida na Terra (**De onde viemos?**), sobre como a vida funciona, desde as células até o nosso organismo, incluindo os órgãos dos sentidos, a memória e a mente (**O que somos?**), e por que envelhecemos (**Para onde vamos?**). Pressupondo apenas familiaridade com tópicos do ensino básico, procura mostrar que as respostas da ciência atual são mais fascinantes e extraordinárias que qualquer romance policial ou de ficção científica.



www.blucher.com.br

ISBN 978-85-212-1445-8



9 788521 214458

Blucher



Clique aqui e:

VEJA NA LOJA

De Onde Viemos? O Que Somos? Para Onde Vamos? *Como a ciência explica a origem e o funcionamento da vida*

Herch Moysés Nussenzveig

ISBN: 9788521214458

Páginas: 168

Formato: 16 x 23 cm

Ano de Publicação: 2019

Peso: 0.280 kg
