

CEJA >>

CENTRO DE EDUCAÇÃO
de JOVENS e ADULTOS

**CIÊNCIAS DA
NATUREZA**

e suas **TECNOLOGIAS** >>

Biologia

Fascículo 2
Unidades 4 e 5

Edição revisada 2016

GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Governador
Luiz Fernando de Souza Pezão

Vice-Governador
Francisco Oswaldo Neves Dornelles

SECRETARIA DE ESTADO DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

Secretário de Estado
Gustavo Reis Ferreira

SECRETARIA DE ESTADO DE EDUCAÇÃO

Secretário de Estado
Antônio José Vieira de Paiva Neto

FUNDAÇÃO CECIERJ

Presidente
Carlos Eduardo Bielschowsky

PRODUÇÃO DO MATERIAL CEJA (CECIERJ)

Diretoria Adjunta de Material Didático

Cristine Costa Barreto

Elaboração

Ana Paula Abreu Fialho

Claudia Augusta de Moraes Russo

Atividade Extra

Roberto Spritzer

Revisão de Língua Portuguesa

Ana Cristina Andrade dos Santos

Coordenação de
Desenvolvimento Instrucional

Flávia Busnardo

Desenvolvimento Instrucional

Aline Beatriz Alves

Coordenação de Produção

Fábio Rapello Alencar

Capa

André Guimarães de Souza

Projeto Gráfico

Andreia Villar

Imagem da Capa e da Abertura das Unidades

<http://www.sxc.hu/browse.phtml?f=download&id=1381517>

Diagramação

Equipe Cederj

Ilustração

Bianca Giacomelli

Clara Gomes

Fernando Romeiro

Jefferson Caçador

Sami Souza

Produção Gráfica

Verônica Paranhos

Sumário

Unidade 4 | As moléculas da vida 5

Unidade 5 | Um ancestral em comum para todos 45

Prezado(a) Aluno(a),

Seja bem-vindo a uma nova etapa da sua formação. Estamos aqui para auxiliá-lo numa jornada rumo ao aprendizado e conhecimento.

Você está recebendo o material didático impresso para acompanhamento de seus estudos, contendo as informações necessárias para seu aprendizado e avaliação, exercício de desenvolvimento e fixação dos conteúdos.

Além dele, disponibilizamos também, na sala de disciplina do CEJA Virtual, outros materiais que podem auxiliar na sua aprendizagem.

O CEJA Virtual é o Ambiente virtual de aprendizagem (AVA) do CEJA. É um espaço disponibilizado em um site da internet onde é possível encontrar diversos tipos de materiais como vídeos, animações, textos, listas de exercício, exercícios interativos, simuladores, etc. Além disso, também existem algumas ferramentas de comunicação como chats, fóruns.

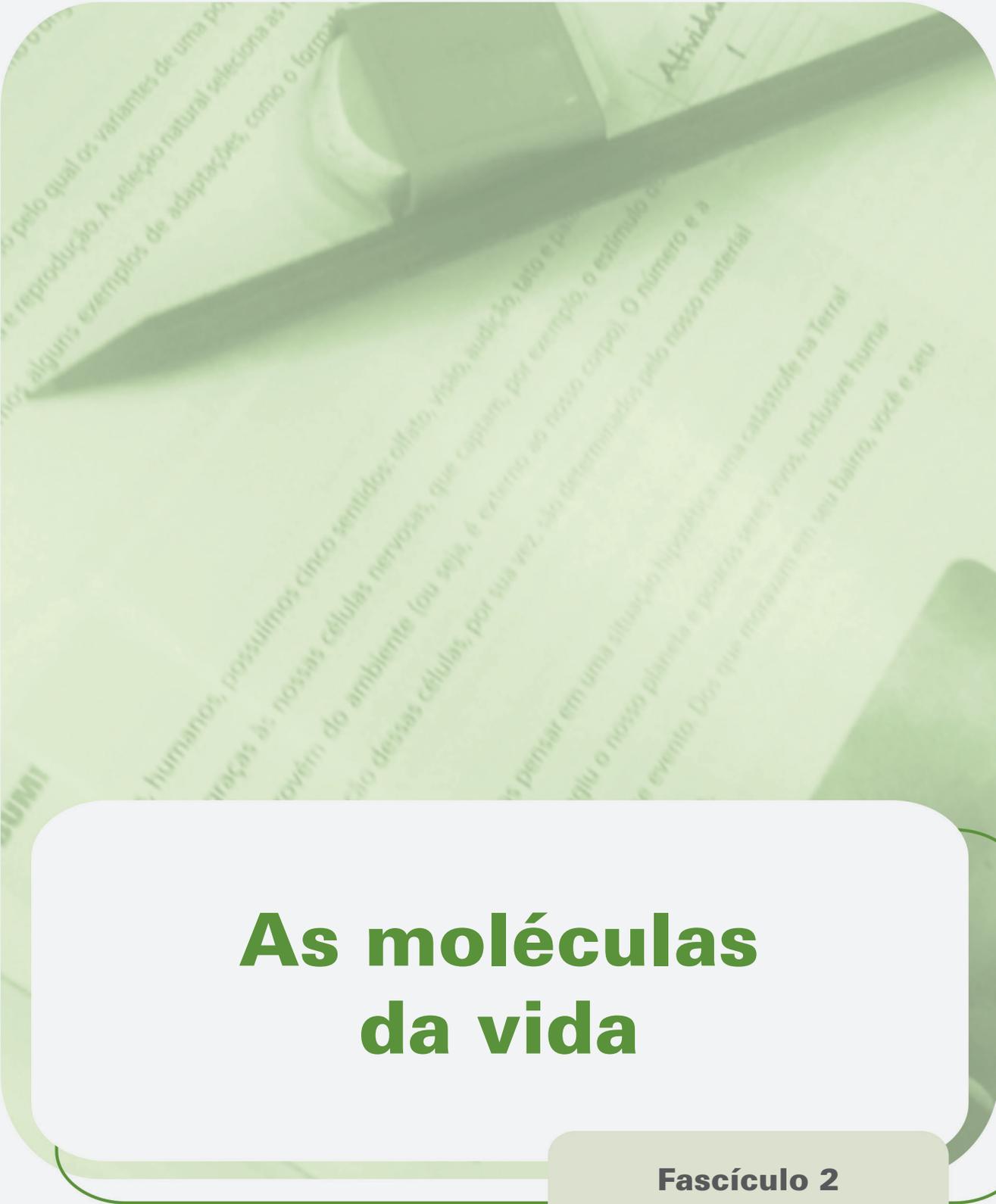
Você também pode postar as suas dúvidas nos fóruns de dúvida. Lembre-se que o fórum não é uma ferramenta síncrona, ou seja, seu professor pode não estar online no momento em que você postar seu questionamento, mas assim que possível irá retornar com uma resposta para você.

Para acessar o CEJA Virtual da sua unidade, basta digitar no seu navegador de internet o seguinte endereço:
<http://cejarj.cecierj.edu.br/ava>

Utilize o seu número de matrícula da carteirinha do sistema de controle acadêmico para entrar no ambiente. Basta digitá-lo nos campos "nome de usuário" e "senha".

Feito isso, clique no botão "Acesso". Então, escolha a sala da disciplina que você está estudando. Atenção! Para algumas disciplinas, você precisará verificar o número do fascículo que tem em mãos e acessar a sala correspondente a ele.

Bons estudos!



As moléculas da vida

Fascículo 2
Unidade 4

As moléculas da vida

Para início de conversa

Biodiversidade, hereditariedade, passagem de características entre gerações, material genético... essas foram algumas das expressões que você mais “ouviu” até o momento, neste módulo.

Está bem claro que é por meio desse material genético, que vai dos pais para os filhos pelos gametas, que as características vão passando entre os indivíduos, geração após geração. Este material genético duplica-se nos processos de divisão celular, resultando em células-filhas com o mesmo material genético da célula-mãe, não é?

Mas você tem ideia real de como isso acontece dentro de uma célula? Você sabe como é esse material genético?

Existem exceções na Natureza, mas, em geral, o material genético dos seres vivos é formado por uma molécula chamada DNA.

Você já deve ter ouvido falar de DNA muitas vezes, em reportagens, programas de TV, até mesmo novelas. Deve ter ouvido também os termos genes, proteínas... Mas você sabe, de fato, o que esses nomes significam? Consegue relacioná-los ao que vimos até aqui no módulo, em termos de hereditariedade, mutação e biodiversidade? É isso que vamos fazer pelas próximas páginas desta unidade!

Objetivos de aprendizagem

- Relacionar a estrutura do DNA ao seu papel de conservação e transferência de informação genética.
- Reconhecer os processos de replicação, transcrição e tradução, e identificar seus mecanismos e diferenças.
- Relacionar os mecanismos de controle da expressão gênica com a diversidade de características em um mesmo indivíduo ou entre indivíduos diferentes.

Seção 1

DNA: a molécula da vida

DNA é a sigla (em Inglês) para o nome Ácido desoxirribonucléico. A primeira coisa que você precisa saber sobre o DNA é que ele é uma molécula (ou seja, um conjunto de átomos). Esta molécula, assim como todas as outras, segue as leis da Química – e é importante dizer isso, inclusive, para você entender o porquê de estar estudando certos conteúdos em Química.

O DNA é um polímero. Isso significa que a sua totalidade é formada por várias unidades. Estas unidades são formadas de moléculas menores, que se associam de acordo com suas características químicas (como você verá no próximo módulo de Química), formando uma grande cadeia.

As unidades que se associam para formar uma cadeia de DNA são chamadas nucleotídeos.

NUCLEOTÍDEO

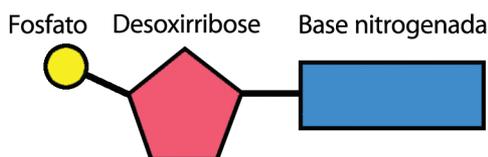


Figura 1: Um nucleotídeo é a unidade mínima da molécula de DNA. Um nucleotídeo é formado por um açúcar (chamado desoxirribose), uma das quatro bases nitrogenadas (A, T, C ou G) e por grupamentos fosfato (átomo de fósforo associado a três de oxigênio).

Verbetes

A T C G: Estas letras são abreviações dos nomes das quatro bases nitrogenadas: Adenina, Timina, Citosina e Guanina.

Quando esses nucleotídeos associam-se, eles formam uma cadeia de DNA, também chamada fita de DNA, que tem o aspecto de uma hélice. Só que, para ser mesmo uma molécula de DNA, é necessário que duas fitas de nucleotídeos associem-se quimicamente, formando uma dupla-fita.

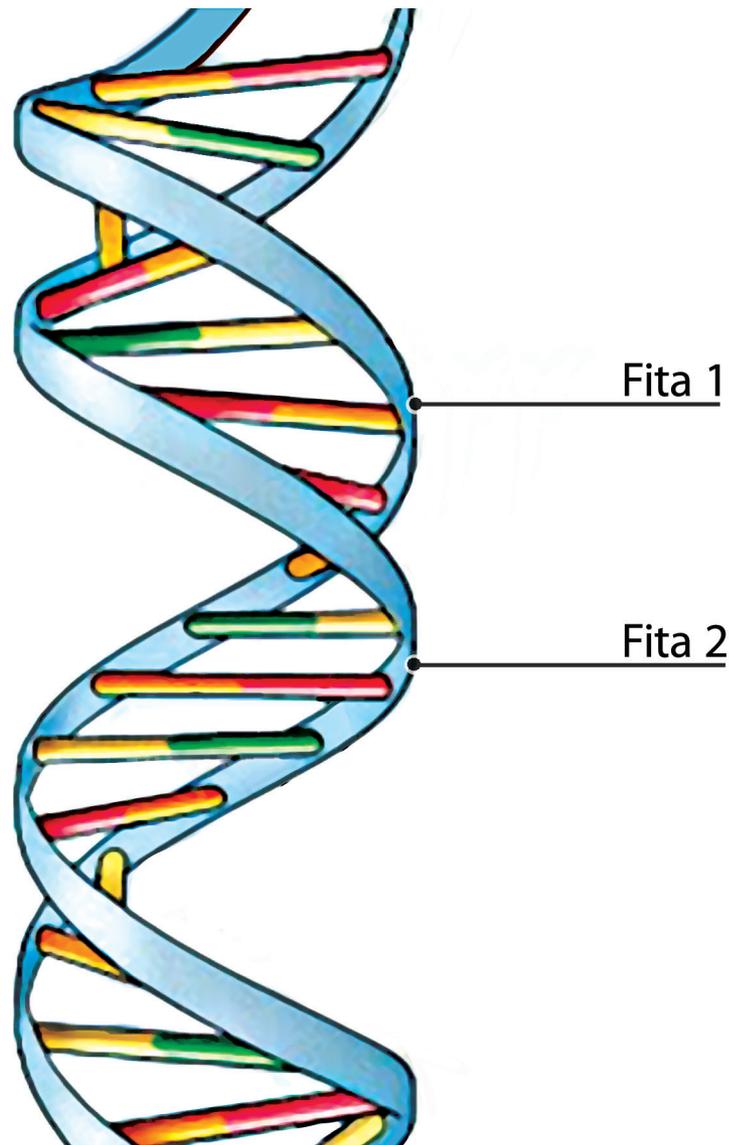


Figura 2: A molécula de DNA é formada por duas fitas (cadeias) de nucleotídeos, que se associam, formando a dupla hélice que você vê na figura. Esta é a molécula responsável pela manutenção e passagem de características entre ancestrais e seus descendentes.

A associação de uma fita com a outra, para formar a molécula do DNA, acontece por meio de ligações químicas entre as bases nitrogenadas (A, T, C e G) que compõem cada nucleotídeo da fita. As bases são complementares, formando pares da seguinte maneira:

Base A

Base T

Base C

Base G

Assim, uma fita que tenha a sequência A T C G vai conseguir parear com outra fita que tenha a sequência T A G C. Veja o um exemplo na figura a seguir:

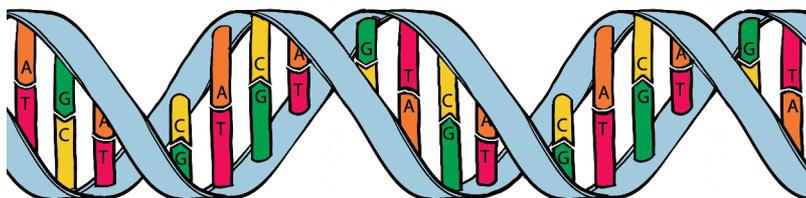


Figura 3: As bases nitrogenadas de uma fita de DNA podem se ligar, de forma complementar, às bases nitrogenadas de outra fita, e é assim que se forma a dupla-fita, ou dupla hélice de DNA.

1.1. Por que DNA?

Agora que você já sabe como é a estrutura da molécula de DNA, podemos discutir um pouco sobre o porquê de esta molécula ser capaz de conservar as características dos indivíduos e transmiti-las às gerações seguintes.

Em termos químicos, a molécula de DNA é muito estável, o que significa que ela não se degrada facilmente, perdendo a informação que carrega. Por isso, ela funciona muito bem no processo de manutenção das características de um indivíduo.

Outro ponto “a favor do DNA” é que esta molécula consegue ser facilmente duplicada. O fato de a estrutura da molécula de DNA ser em dupla-fita proporciona moldes aos sistemas de duplicação (ou replicação, como é mais conhecido este processo) do DNA para síntese de novas moléculas.

Em linhas gerais, acontece assim: no processo de replicação, a dupla-hélice do DNA é aberta, e as duas fitas que a compõem são parcialmente separadas. Estas fitas servem de molde para que as moléculas replicadoras (da qual falamos em unidades anteriores) construam novas fitas, que são complementares àquelas nas quais estão se baseando.

Em outras palavras, o sistema de replicação sintetiza duas moléculas de DNA a partir de uma. Isso é a duplicação do material genético, que acontece dentro das células quando elas vão entrar em divisão para gerar células-filhas, evento de que falamos muito neste módulo.:

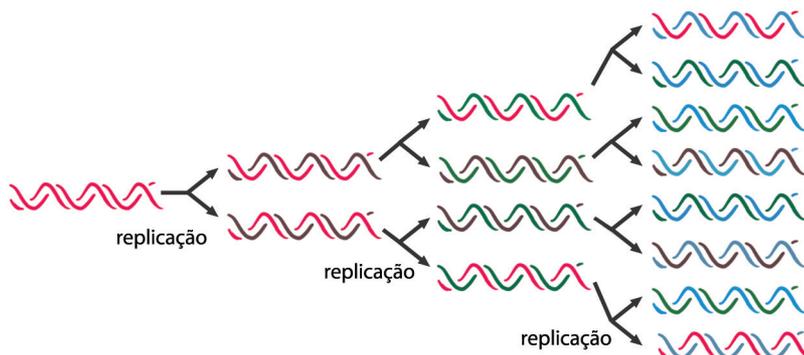


Figura 4: A replicação de uma molécula de DNA acontece, utilizando-se uma molécula já existente de molde. Cada uma das fitas serve de molde para síntese de uma nova fita, complementar à original.

Repare na Figura 4 que as duplas-fitas novas, sintetizadas pelo sistema de replicação, conservam em si metade da molécula de DNA original. Esse fato acontece sempre nas replicações e, por isso, o sistema é chamado semiconservativo (conserva parte do seu original, digamos assim).

O sistema de replicação ao qual nos referimos conta com a atividade de proteínas que são capazes de catalisar processos biológicos e químicos, ou seja, possibilita que tais processos aconteçam no tempo que os organismos precisam que aconteçam, dentro das condições fisiológicas do organismo. Elas são chamadas enzimas e você verá mais sobre elas em outros módulos. Por ora, é importante que você saiba que elas existem e que são fundamentais para a vida.



Ora, se há conservação de fitas de uma molécula de DNA pré-existente e o sistema utiliza um molde para síntese de nova molécula de DNA, como é possível que aconteçam alterações nesse DNA, como é possível que surja uma mutação? Como é possível haver biodiversidade?

1.2. Erros na replicação

O sistema de replicação do DNA é composto por diversas etapas. Simplificando, vamos falar brevemente de duas:

a. Existe uma molécula capaz de “ler” a sequência de bases nitrogenadas de uma fita e replicá-la em outra fita (utilizando as bases complementares). Essa molécula que faz essa leitura e síntese da nova fita é capaz de “ler” milhares e milhares de bases em uma velocidade enorme. Ela comete pouquíssimos erros, mas comete (estima-se que seja um erro a cada um bilhão de bases “lidas”).

b. Como a manutenção da fidelidade da sequência de bases é importante, já que a molécula que “lê” a original e sintetiza a nova fita é capaz de cometer erros, existe um sistema composto por outras moléculas e que corrige esses erros. Mas, ainda assim, embora raramente, alguns erros se estabelecem.

É por causa da eficiência dessas duas etapas no processo de replicação de uma molécula de DNA, que a possibilidade de termos mutação é sempre baixíssima. Entendendo isso, podemos entender também que a biodiversidade tenha levado tantos milhares de anos para se constituir da forma como a conhecemos hoje.

1.3. Cromossomos, genes e nossas características

O DNA é uma molécula enorme, que fica situada dentro do núcleo da célula, muitas vezes condensada na forma de cromossomos. Este nome vem da forma como esses “corpos” foram descobertos: por serem fortemente corados com corantes, possibilitando sua visualização no interior do núcleo da célula.:



Figura 5: Corantes ajudam a visualizar os cromossomos dentro de uma célula. Estes cromossomos da imagem são de *Drosophila* (mosca), em uma fase de divisão celular.

Em uma única célula, os cromossomos podem ter tamanhos e formatos diferentes. Além disso, constatou-se, através de outras pesquisas, que cada espécie de animal ou planta tem um número preciso e característico de cromossomos no interior de suas células. Na nossa espécie, por exemplo, há um total de 46 cromossomos, os quais se organizam em 23 pares. Como são dois cromossomos de cada tipo (formando “duplas”), essa condição é chamada “diplóide”.

Gametas, em geral, por outro lado, têm apenas metade do material genético de uma célula comum (para que o pai possa juntar com o da mãe e gerar um indivíduo com o número “normal” de cromossomos). Assim, no caso da nossa espécie, possuem apenas 23 cromossomos, um de cada tipo. Essa condição, em que há apenas um exemplar de cada tipo de cromossomo, é chamada “haploide”. A partir da junção de dois gametas (haploides) na fecundação (um masculino e um feminino) é formada, então, uma nova célula com 46 cromossomos (diplóide).



Figura 6: Na reprodução humana, cada um dos pais, através de seus respectivos gametas (haploides), contribui com 23 cromossomos para a formação de um novo indivíduo. A célula resultante da fecundação e que dará origem a este terá, normalmente, 46 cromossomos (diplóide).

Nos seres humanos, há dois tipos de cromossomos: os somáticos e os sexuais. Os sexuais são aqueles que definem o sexo de cada indivíduo, cujos genes são responsáveis por desenvolver no corpo desse indivíduo as característi-

cas femininas ou masculinas. Os somáticos são os que carregam os genes responsáveis pelos processos do organismo que independem do sexo, como as moléculas envolvidas na digestão, no sistema circulatório, dentre muitas outras.

Nos nossos 23 pares de cromossomos, 22 deles são somáticos e 1 par é de cromossomos sexuais. Os cromossomos sexuais são a dupla XX, nas mulheres, e a XY, nos homens.

Existem alguns tipos de doenças/ condições que são ligados aos cromossomos sexuais. Isso significa que os genes relacionados a elas estão nesses cromossomos. São exemplos: calvície, daltonismo, hemofilia e hipertricose auricular (desenvolvimento de pelos na orelha).

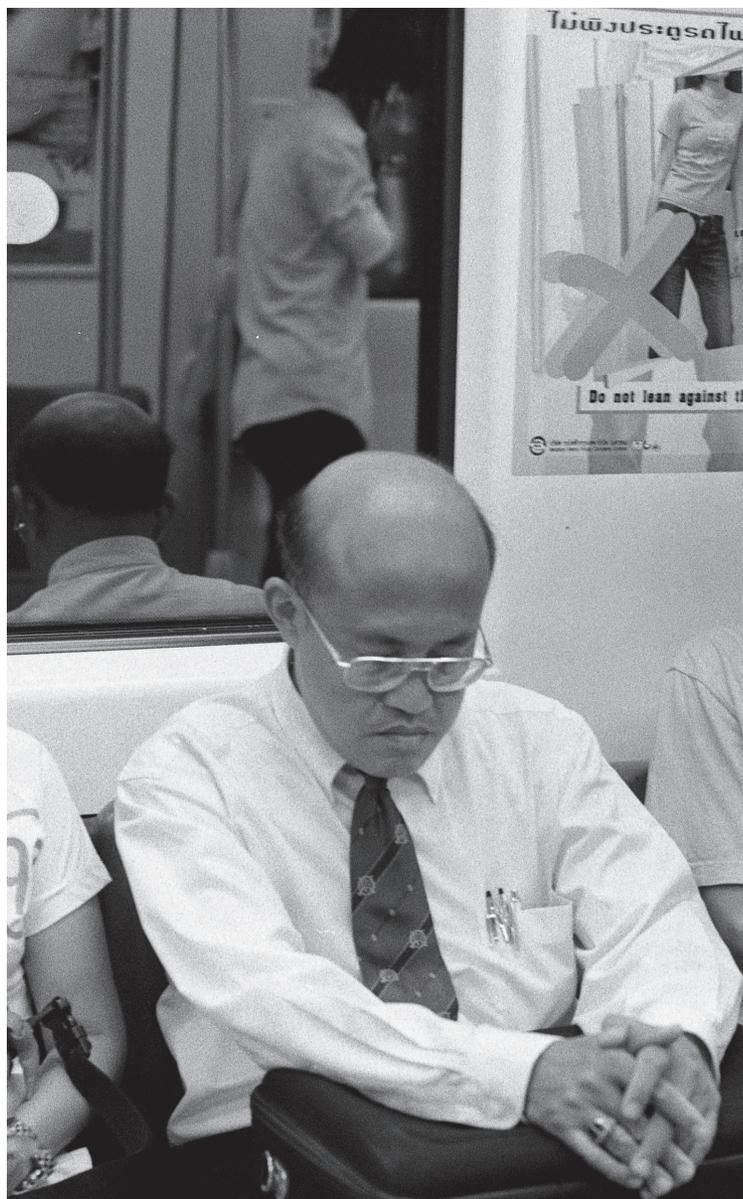


Figura 7: Calvície é uma das condições que estão ligadas aos cromossomos sexuais, neste caso, o cromossomo Y. Chamamos este tipo de passagem de características de herança ligada ao sexo.

Existem outras doenças que não têm relação com alteração nos genes que se situam nos cromossomos, mas sim ao número de cromossomos que um indivíduo tem. Essas doenças são chamadas alterações numéricas e são o acontecimento de um cromossomo a mais ou a menos, dentre os 23 pares que temos.

Indivíduos com a chamada “Síndrome de Down” trazem em suas células uma alteração cromossômica também conhecida como “trissomia do 21”. Nesses casos, onde deveria haver apenas um par de cromossomos identificados como “21” (ou seja, dois cromossomos), existem três cromossomos desse tipo.

Assim como a Síndrome de Down, existem diversas outras condições em que um indivíduo é afetado pela variação de seus cromossomos. No que se refere às trissomias (três unidades de um mesmo cromossomo, ao invés de duas), as mais conhecidas são a Síndrome de Edwards e a Síndrome de Patau. Em todos os casos, os indivíduos trissômicos apresentam retardo mental de níveis variados e problemas cardíacos. Na Síndrome de Edwards, a maior parte dos fetos sofre aborto, e não chega a nascer.

Outros tipos de alterações cromossômicas são relacionadas aos cromossomos sexuais. Há casos em que um dos cromossomos está ausente ou outros em que esses cromossomos estão em maior número do que o esperado. Veja exemplos dessas alterações cromossômicas na tabela a seguir:

Síndrome	Genótipo	Características
Turner	XO	Mulheres com seios, ovários e vagina pouco desenvolvidos; não menstruam; pescoço alado; tórax largo com mamilos afastados. Intellectualmente, não sofrem prejuízo.
Klinefelter	XXY	Rapazes que não apresentam sintomas físicos perceptíveis até a adolescência, quando podem ter um desenvolvimento um pouco maior das mamas. Podem apresentar déficit auditivo, de aprendizagem e motor, mas não necessariamente.
Jacobs	XYY	Também conhecida como síndrome do super-macho, afeta rapazes que têm tendência a apresentar estatura muito elevada e algumas dificuldades na linguagem (mas não obrigatoriamente).
Triplo X	XXX	Na maioria dos casos, não apresentam sintomas, embora possa ocorrer retardo mental e estatura mais elevada.

Verbetes

Pescoço alado - Um tipo de pescoço que parece um triângulo, que não é fino embaixo da cabeça, mas que fica mais largo a partir da cabeça para o ombro.

Bom, vamos recapitular um pouquinho para podermos continuar na nossa compreensão da nossa história. Você já sabe que o espermatozoide do seu pai tinha 23 cromossomos e o óvulo da sua mãe 23 cromossomos, que

foram os responsáveis pela passagem do material genético deles (DNA) para você. Sabe também que, nas células do seu corpo, existem 46 cromossomos, que ficam dentro do núcleo das células.

Mas será que só o fato de o DNA desses 46 cromossomos estarem ali, é suficiente para que você tenha determinadas características? E, se metade disso veio de cada um dos seus pais biológicos, você não deveria ser “metade igual ao seu pai e metade igual a sua mãe”?

Essa é uma pergunta importantíssima e a resposta para ela está nos conceitos associados a uma palavra: genes!

Genes são pedaços de DNA capazes de expressar alguma característica (há pedaços que não expressam características). Assim, a cor dos olhos tem a ver com os genes que estão sendo expressos no seu organismo e determinando se você tem olhos azuis, verdes ou pretos. O fato de você ser alto ou baixo, negro ou branco, sentir muito calor ou muito frio – tudo o que acontece em você tem a ver com a expressão dos seus genes.

Vamos entender este termo, expressão de um gene, partindo da seguinte questão: Como é possível que esse pedaço de DNA determine características e outros pedaços, não?



Protegendo informações preciosas

Imagine que você está assistindo a um filme com um colega. Este filme trata de temas relativos à Evolução e à Genética, assuntos sobre os quais seu amigo não tem grandes conhecimentos.

Depois de uma cena que discute a hereditariedade, ele afirma: “Não entendo como que funciona essa história de DNA! Como é que isso pode determinar que meu filho será parecido comigo? Ao mesmo tempo, eu sou parecido com meu bisavô... não entendo... como pode?”

Como você ajudaria seu amigo a entender? Leve em consideração em sua resposta:

- as características da estrutura da molécula de DNA;
- o seu processo de replicação.

Anote suas respostas em seu caderno

Seção 2

RNA: versatilidade dentro da célula

Para respondermos à pergunta que fizemos no final da seção 1, precisamos conhecer antes dois processos: a transcrição e a tradução.

A transcrição é um processo que transforma pedaços do DNA (genes) em pedaços de um outro tipo de ácido nucléico, o RNA (ácido ribonucleico). O RNA é um ácido nucléico muito mais “versátil” dentro da célula, porque ele é bem menor que o DNA e consegue sair do núcleo, carregando em si uma determinada informação genética que ela contém. Quando esse RNA sai do núcleo da célula para sua outra parte, o citoplasma, ele pode ser traduzido em moléculas que, no final das contas, vão ser as responsáveis pela manifestação das nossas características. Essas moléculas são as proteínas.

Mas vamos por partes...

2.1. Transcrição

O RNA também é formado por nucleotídeos que, em vez de desoxirribose (como no DNA), apresentam outro açúcar, a ribose. Outra diferença está nas bases nitrogenadas: em vez de A T C G, no RNA temos A U C G. Estas pequenas diferenças fazem com que a estrutura das duas moléculas seja diferente: enquanto o DNA é dupla-fita, o RNA é uma fita simples.

Verbetes

U: é a abreviação de Uracila, uma das bases nitrogenadas que compõem os nucleotídeos de RNA.

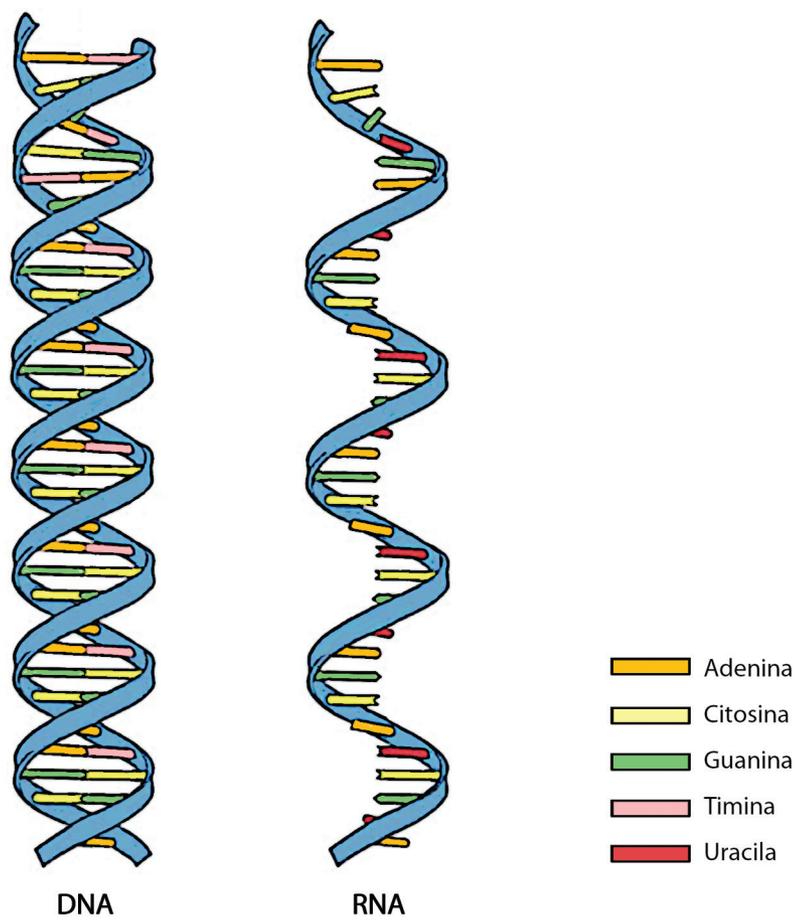


Figura 8: Molecularmente, as diferenças entre DNA e RNA estão em seus nucleotídeos. Os dois ácidos nucléicos possuem açúcares diferentes na composição de seus nucleotídeos e, no RNA, encontramos a base nitrogenada U, em vez de T. Estas pequenas diferenças conferem ao RNA a característica de ser de fita simples (uma única cadeia) e, por causa disso, esse ácido nucléico é bem mais instável que o DNA.

ATENÇÃO

As diferenças na estrutura das moléculas de DNA e RNA acabam significando diferenças na função das duas moléculas. Enquanto o DNA armazena, de maneira estável, as informações genéticas dos indivíduos, o RNA possibilita que essa informação seja expressa nas características que compõem o indivíduo.

Para carregar a informação genética (do DNA) para fora do núcleo da célula, o RNA precisaria “copiar” esta sequência. No entanto, como DNA e RNA têm propriedades moleculares diferentes (os nucleotídeos – bases e açúcar), acaba que esta não é uma cópia fiel, mas uma transcrição de uma informação em outra, que tem o mesmo significado, mas é escrita de outra maneira.

No interior do núcleo das células, assim como existe o sistema de replicação do DNA, existe também um sistema de transcrição de DNA em RNA. São moléculas que “lêem” a molécula de DNA e montam uma sequência de RNA

(lembrando que as bases continuam respeitando a lógica complementar, ou seja, A faz par com T ou U; C faz par com G):

Sequencia DNA **A T C G T C T A**

Transcrição em...

Sequência RNA **U A G C A G A U**



Multimídia

Se estiver difícil de entender, você pode visitar a animação que indicamos a seguir para visualizar o processo de transcrição do DNA em RNA: <http://goo.gl/Y3EC5>

Esses transcritos de RNA, a partir da “leitura” de um pedaço da molécula de DNA, podem ter diversas funções dentro da célula. A que nos interessa mais no contexto deste módulo é a do RNA mensageiro (RNAm), que serve como um mensageiro mesmo, aquele que leva a mensagem genética do núcleo para o citoplasma, para ser traduzida em proteínas.

Seção 3

Proteínas

Uma proteína é uma molécula que, assim como o DNA e o RNA, tem sua totalidade formada pela associação de várias unidades. As unidades que se associam quimicamente para formar uma proteína são os aminoácidos.

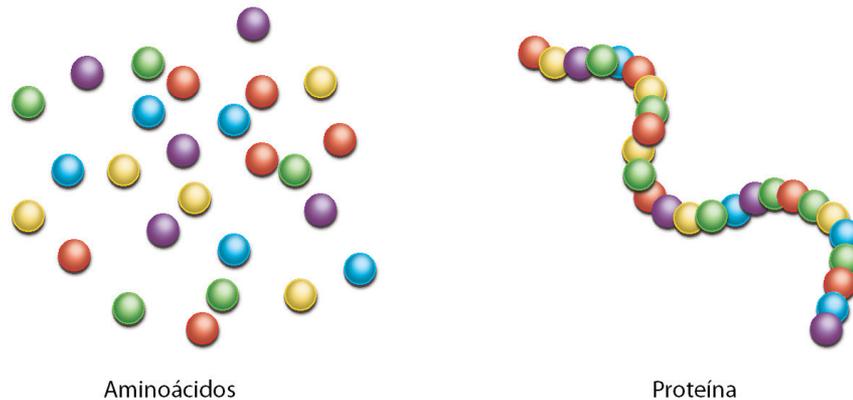


Figura 9: Proteínas são polímeros formados por aminoácidos, que se associam quimicamente

Existem 20 aminoácidos diferentes que compõem as proteínas. Dependendo da ordem em que eles são dispostos para formar uma proteína, eles originam proteínas diferentes.

Esta ordem não é definida aleatoriamente, mas sim pelo código genético. Assim, o DNA que armazena suas características hereditárias teve uma parte transcrita em um RNAm que, no citoplasma da célula, será traduzido em proteína.

1.1. Tradução

A replicação e a transcrição são processos que acontecem a partir da leitura de um molde (uma fita de DNA) e adição de nucleotídeos com bases complementares para formar a molécula nova.

No caso da tradução, a lógica se mantém, mas o processo é um pouco diferente. A sequência de RNAm é lida de três em três bases para originar as proteínas. Enquanto nos outros dois processos, temos uma base complementar à base original sendo acrescentada na molécula nova, aqui teremos um outro código em questão. É preciso uma sequência de 3 bases nitrogenadas para originar a adição de 1 único aminoácido.

Essa sequência de 3 bases é chamada **códon**, e pode ser composta por quaisquer das 4 bases, em diferentes posições. Podemos dizer que os códons são “palavras de 3 letras que “significam um aminoácido”.

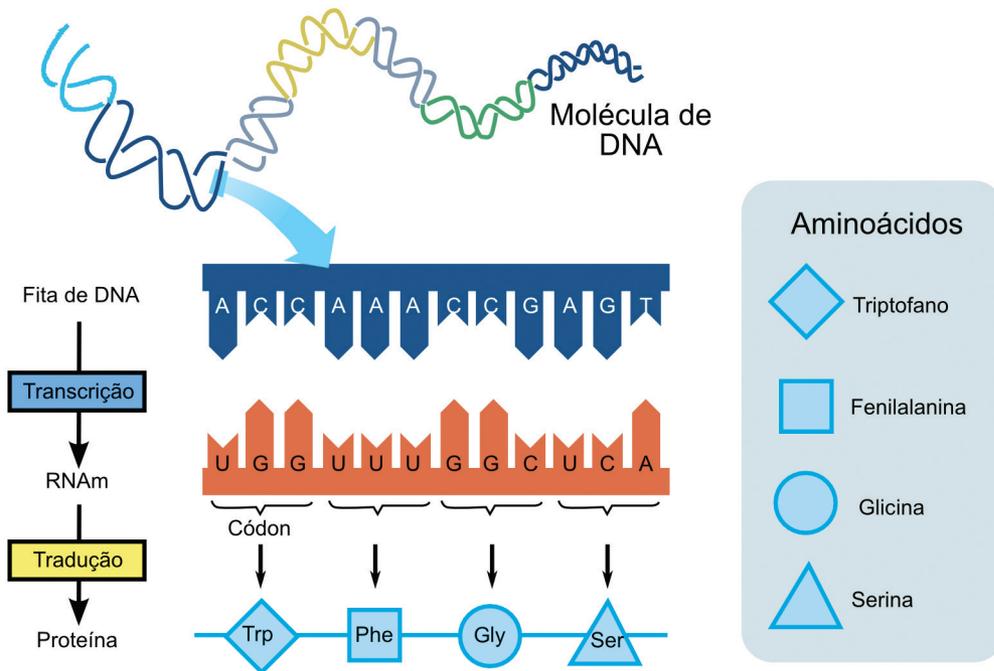


Figura 10: Veja que cada sequência de 3 bases nitrogenadas de um RNAm (códons) é traduzida em aminoácidos que, por interações químicas entre eles formam uma cadeia chamada proteína. A primeira linha é a fita de DNA que dá origem ao RNAm (segunda fita) através da transcrição. Na última linha, você vê formas que representam os aminoácidos codificados pelos códons (a legenda lateral nos diz quais são eles).

Quase qualquer combinação de bases é passível de ser traduzida em um aminoácido. Na tabela a seguir, apresentamos a codificação, só para você ter uma ideia.

Dois fatos são importantes de se reparar na tabela:

- 1.O códon AUG, que é o único que codifica o aminoácido Metionina (Met).
- 2.Os códons UAA, UAG e UGA, que não codificam nenhum aminoácido.

O códon AUG é o códon onde a síntese de uma proteína começa. O sistema de tradução, que fica no citoplasma e “lê” o RNAm para traduzi-lo em uma proteína, só começa a síntese da proteína quando encontra esse códon na sequência do RNAm. Quando esta trinca de bases é reconhecida, significa que um gene foi identificado ali e ele vai ser expresso na forma de uma proteína.

A segunda observação mostra que há um momento da leitura da sequência de RNAm em que nada é adicionado

à cadeia de proteína, encerrando a síntese dessa proteína. Esses “códon de parada”, portanto, são fundamentais para determinar o momento em que toda a sequência necessária para dar origem a uma determinada proteína foi lida.

		2ª LETRA					
		U	C	A	G		
1ª LETRA	U	UUU Fenilalanina	UCU Serina	UAU Tirosina	UGU Cisteína	3ª LETRA	U
		UUC Fenilalanina	UCC Serina	UAC Tirosina	UGC Cisteína		C
	UUA Leucina	UCA Serina	UAA Parada	UGA Parada	A		
	UUG Leucina	UCG Serina	UAG Parada	UGG Triptofano	G		
C	CUU Leucina	CCU Prolina	CAU Histidina	CGU Arginina	U		
	CUC Leucina	CCC Prolina	CAG Histidina	CGC Arginina	C		
	CUA Leucina	CCA Prolina	CAA Glutamina	CGA Arginina	A		
	CUG Leucina	CCG Prolina	CAG Glutamina	CGG Arginina	G		
A	AUU Isoleucina	ACU Treonina	AAU Aparagina	AGU Serina	U		
	AUC Isoleucina	ACC Treonina	AAC Aparagina	AGC Serina	C		
	AUA Isoleucina	ACA Treonina	AAA Lisina	AGA Arginina	A		
	AUG Metionina	ACG Treonina	AAG Lisina	AGG Arginina	G		
G	GUU Valina	GCU Alanina	GAU Aspartato	GGU Glicina	U		
	GUC Valina	GCC Alanina	GAC Aspartato	GGC Glicina	C		
	GUA Valina	GCA Alanina	GAA Glutamato	GGA Glicina	A		
	GUG Valina	GCG Alanina	GAG Glutamato	GGG Glicina	G		

Figura 11: A cada 3 bases, o RNAm é traduzido em um aminoácido. As 3 bases (códon) podem estar quase que em qualquer ordem para serem traduzidas em um aminoácido. Existem apenas 3 combinações que não correspondem a aminoácidos – elas são importantes para determinar onde deve terminar a cadeia de proteína..

Esses dois fatos significam que não é necessariamente toda a extensão do RNAm que é traduzida de três em três bases para gerar uma proteína. Somente pedaços específicos são capazes disso. Há casos, inclusive, em que essa proteína é “editada” depois de sua síntese, por diversos mecanismos existentes dentro da célula (mas essa é uma outra história...). Esse “tamanho” da proteína e os tipos de aminoácidos que compõem essa molécula vão determinar a estrutura dela e, conseqüentemente, sua função no organismo.

No processo de tradução, contamos também com a participação de outros dois tipos de RNA, além do RNA mensageiro (RNAm): o RNA transportador (RNAt) e o RNA ribossomal.

O RNAt é uma molécula bem pequena de RNA, que carrega na sua estrutura aquilo que chamamos anticódon. O anticódon é uma sequência complementar à sequência do códon e que, por ser complementar, consegue se parear com ele. O RNAt tem este nome porque ele, de fato, é um transportador. Ele carrega junto com o anticódon o amino-

ácido que é correspondente ao códon com o qual ele vai parear quando “encontrar” o RNAm. Assim, para a síntese da proteína, é fundamental a participação do RNAt, porque é ele que carrega os aminoácidos.

O RNA ribossomal, por sua vez, tem participação importante também porque é o ribossomo que se liga ao RNAm para dar início ao processo de tradução. Sobre o ribossomo, formado por esse RNAr e proteínas, você aprenderá mais adiante, no próximo módulo, quando estudar as estruturas que compõem uma célula.



O RNA é uma molécula tão, mas tão versátil que há estudos que mostram que ele pode ter sido a primeira molécula complexa da vida. Os experimentos de Miller e Urey e a hipótese de Walter Gilbert sobre o Mundo do RNA você vai aprender na Unidade 1 do próximo módulo!

Estima-se que uma única célula sintetize entre 10.000 e 20.000 proteínas diferentes. Só para você ter uma ideia de como elas são importantes para a sua vida, são as proteínas que atuam no seu corpo ajudando a digerir o alimento que você come. Uma delas proteína a é responsável por transportar o oxigênio pelo seu sangue para todas as células do seu corpo. Todos os músculos do seu corpo se contraem e se distendem por causa de proteínas que compõem sua estrutura. Suas unhas, cabelo, pele – tudo é composto de proteínas!

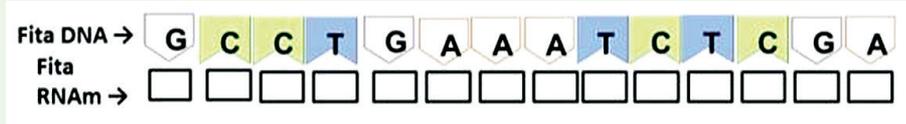
São infinitos exemplos das funções das proteínas nos organismos (não só no nosso, mas de todos os seres vivos). Um que é curioso e vale a pena destacar no contexto desta unidade é o fato de que elas são capazes de participar da regulação da produção delas mesmas. Em outras palavras, uma proteína pode controlar quando será produzida ou não, bem como controlar a produção de outras proteínas diferentes e outras moléculas diversas. Você vai entender isso melhor já, já, depois da atividade 2!

Atividade
2

Os moldes da vida

A seguir você encontrará três esquemas. Eles representam alguns dos processos que envolvem a molécula de DNA: replicação, transcrição e tradução. Identifique cada um dos processos, nomeando-os, faça a associação entre as bases nitrogenadas ou entre bases e os aminoácidos correspondentes. Utilize a tabela da Figura 11 para fazer a tradução dos códons

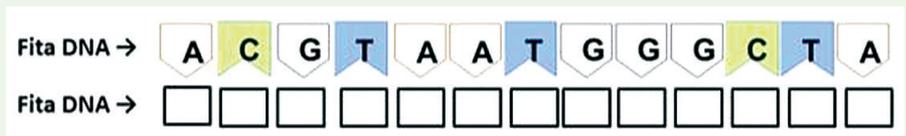
Processo de _____



Processo de _____



Processo de _____



Anote suas respostas em seu caderno

Seção 4

Controlando a expressão dos genes

Bom, como você viu no início da aula, genes são pedaços de DNA capazes de serem convertidos em alguma característica. Agora, você já sabe que as características que apresentamos são expressas por meio das proteínas que temos no nosso organismo. Juntando as duas informações, temos que os genes são capazes de serem transcritos em RNAm e traduzidos em proteínas e, assim, determinar as nossas características.

Isso vale para todas as nossas características. Cabelo preto ou louro, olho verde ou castanho, estatura alta ou baixa, pele negra ou branca. Eles controlam também aquelas características que não vemos. São eles, por exemplo, que fazem com que as células do seu cérebro (neurônios) sejam completamente diferentes das células do seu estômago que, por sua vez, são diferentes das células do seu pé.

Ora, mas se todas as células do corpo contêm o mesmo material genético (que se dividiu inúmeras vezes a partir da célula-ovo), como as células do pé são tão diferentes das células do seu cérebro?

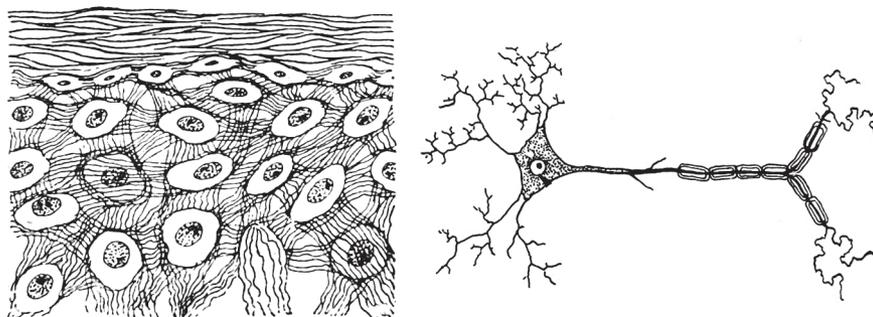


Figura 12: À esquerda, você vê células epiteliais, que são as células que compõem superfícies no seu corpo, como a sua pele (incluindo a do seu pé). À direita, você vê um neurônio, a célula que compõe o seu tecido nervoso, incluindo o seu cérebro.

A resposta disso está no fato de que, embora todas as células tenham o mesmo DNA, umas transcrevem e traduzem alguns genes e outras, outros genes. Isso é o que faz com que, em um mesmo organismo, você possa ter células tão diferentes.

O mecanismo que controla a ativação de um grupo de genes em cada uma das diferentes células de um mesmo organismo é chamado controle da expressão gênica.

Existem diversos mecanismos de controle da expressão gênica. O mais comum é o controle transcricional, ou seja, aquele que impede que o DNA seja transcrito em um RNAm.

Este controle acontece pela ação de proteínas, que são chamadas proteínas reguladoras da expressão gênica. Existem formas mais simples e outras mais complexas desse controle acontecer, envolvendo uma ou várias proteínas. Vamos nos focar na mais simples para entender a lógica do processo.

As proteínas são capazes de se associar quimicamente a trechos específicos da molécula de DNA. Normalmente, os trechos específicos envolvidos no controle de um determinado gene são próximos ao trecho do DNA que codifica aquele gene (ex: controle do gene A é próximo ao trecho que codifica o gene A).

Há proteínas reguladoras que são ativadoras ou repressoras da expressão gênica. As proteínas ativadoras, quando se ligam ao DNA, promovem a transcrição do gene. As repressoras são o contrário: todas as vezes que se ligam ao DNA, inibem a transcrição do gene.

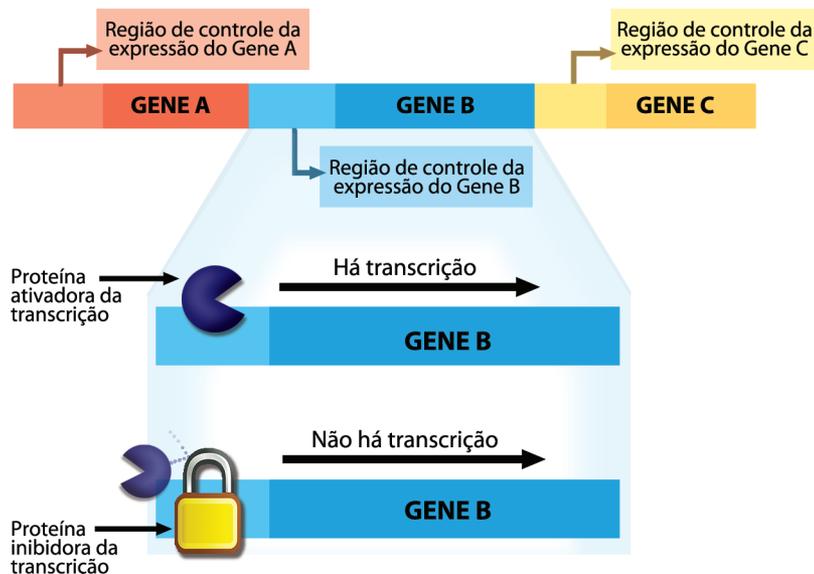


Figura 13: Os trechos envolvidos no controle da transcrição ficam próximos aos respectivos genes. É nessa região que as proteínas reguladoras se inserem para ativar a transcrição, ou ainda, é nela que as proteínas repressoras se posicionam para impedir a expressão do gene.

É por meio desses movimentos de ligação e desligamento das proteínas reguladoras no DNA que elas controlam a expressão de um gene. Esse controle pode ser motivado por diversos fatores, por exemplo:

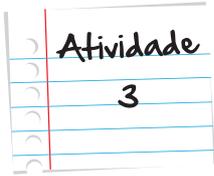
- Se um gene já foi transcrito várias vezes em um curto período de tempo, é provável que haja um acúmulo da proteína que ele codifica dentro da célula. Assim, sistemas de regulação são ativados para impedir que se produza mais cópias de uma proteína que já está abundante.

- Se a célula é demandada a realizar uma determinada tarefa (por exemplo, gerar energia), é preciso que as proteínas envolvidas nesse processo sejam sintetizadas (produzidas). Assim, os sistemas que induzem a transcrição dos genes envolvidos na geração de energia estarão mais ativados.

- Se nosso organismo detecta que há um processo inflamatório acontecendo, as proteínas do sistema de defesa do organismo (dentre elas, as imunoglobulinas) têm seus genes ativados, para que elas possam ser sintetizadas.

Enfim, são inúmeros os casos de regulação, tanto para aumentar a expressão de um determinado gene quanto para inibi-la, dependendo da situação. Os organismos são estruturados química e biologicamente para, em geral, otimizar os processos e uso de recursos (energia) para manutenção da vida. O controle da expressão gênica é um mecanismo fundamental para que essa otimização aconteça e, mais do que isso, para que o organismo “funcione”. É claro que há chances de dar errado, o que efetivamente acontece em alguns casos, como no câncer.

No entanto, muitos mecanismos existem nos organismos para tentar minimizar problemas e erros que possam ameaçar a conservação genética. Alguns desses erros, quer na expressão gênica, quer simplesmente na replicação do DNA, associados a fatores dos ambientes em que os organismos vivem, possibilitam que a gente presencie a existência de um processo evolutivo. Mas isso é papo para a próxima unidade!



Expressão genética diferencia Humanos e Chimpanzés

A seguir você encontrará dois trechos de uma matéria publicada em setembro de 2002 na revista Ciência Hoje. Leia-os atentamente e responda às perguntas que se seguem.

“A principal distinção entre chimpanzés e humanos pode estar na expressão de genes em proteínas, sobretudo no cérebro. Embora as duas espécies de primatas compartilhem cerca de 99% do código genético, o modo como a informação codificada no DNA é convertida em diferentes proteínas pode ser a maior diferença entre elas. A conclusão foi apresentada na revista Science de 12 de abril por pesquisadores da Alemanha, Holanda e Estados Unidos.”

“Ajit Varki, professor de medicina na Universidade da Califórnia em San Diego (UCSD) e co-autor do artigo, conta à CH on-line que o estudo das diferenças entre homens e chimpanzés pode esclarecer as causas genéticas por trás de doenças que parecem ser mais nocivas aos humanos. “Vem daí a necessidade do estudo do genoma INSERIR BOLD dos chimpanzés”, justifica. Em chimpanzés, observa Yarki, a frequência e intensidade de manifestação de doenças como AIDS, mal de Alzheimer, câncer ou malária é mais branda.”

Anote suas
respostas em
seu caderno

Verbetes

Genoma – conjunto dos genes de um indivíduo ou espécie, é a informação genética que está no material genético deste indivíduo ou espécie.

Utilizando os conhecimentos aprendidos nesta aula, explique como duas espécies, homens e chimpanzés, que apresentam um código genético muito similar, podem ser tão diferentes.

Resumo

- O DNA é uma grande molécula, estável, encontrada dentro do núcleo das células e que guarda a informação genética dos indivíduos.
- A molécula de DNA é uma cadeia formada pelo encadeamento de várias unidades chamadas nucleotídeos.
- Cada nucleotídeo é formado por um açúcar, uma base nitrogenada e um grupamento fosfato. As bases nitrogenadas são: adenina, timina, citosina e guanina.
- Para formar uma molécula de DNA, é necessário que duas fitas de nucleotídeos se associem quimicamente, formando uma dupla-fita.
- As bases nitrogenadas do DNA são complementares, formando pares da seguinte maneira: A-T e C-G.
- Durante a divisão celular ocorre a replicação da molécula de DNA que acontece a partir de uma molécula pré-existente. Cada uma das duas fitas serve de molde para síntese de uma nova fita, que é complementar à original. Na molécula nova formada, consta a fita molde e a fita recém-sintetizada. Por isso, esse sistema de duplicação é chamado semi-conservativo.
- A molécula que lê a sequência de bases nitrogenadas das fitas do DNA executa essa função muitas vezes e em grande velocidade. Por este motivo, é possível que, às vezes, ela cometa erros. São esses erros que chamamos mutação.
- O DNA é formado por pedaços capazes de serem convertidos em algumas características. Esses pedaços são chamados de genes e existem dois processos que resultam na expressão das características individuais: a transcrição e a tradução.
- Com a transcrição os genes dão origem aos RNAs, que são ácidos nucleicos menores e mais versáteis que o DNA. Os RNAs são capazes de sair do núcleo da célula carregando a informação genética para o citoplasma.
- O RNA também é formado por nucleotídeos, no entanto, as bases nitrogenadas apresentam uma pequena diferença: ao invés em vez da timina, temos a uracila.
- A tradução é o processo em que a sequência de RNA origina as proteínas, que são moléculas formadas pela associação de vários aminoácidos. Elas são as responsáveis, em última instância, pela manifestação das nossas características.

- Para originar as proteínas, o RNAm é lido de três em três bases, ou seja, cada sequência de 3 bases nitrogenadas (códon) origina um aminoácido.
- Todas as células do seu corpo têm o mesmo DNA, no entanto, elas podem ser diferentes umas das outras por que transcrevem e traduzem genes diferentes. Essas diferenças na expressão dos genes é consequência de mecanismos que chamamos de controle da expressão gênica.
- O controle transcricional da expressão gênica é o mais comum, sendo realizado por proteínas reguladoras que podem ser ativadoras ou repressoras da expressão.

Veja ainda

- Uma matéria da ciência hoje que responde a pergunta se o número de proteínas é igual ou não ao de genes: <http://goo.gl/az7Tr>
- Vídeo do youtube legendado com animação da duplicação, transcrição e tradução: <http://goo.gl/XDP7a>
- Matéria da Ciência Hoje sobre o sequenciamento do genoma humano: <http://goo.gl/KQA1I>
- Matéria da Superinteressante muuuuuuito maneira sobre o uso do DNA na perícia criminal: <http://super.abril.com.br/ciencia/ciencia-crime-447772.shtml>
- Matéria da Ciência Hoje sobre gêmeos: <http://goo.gl/VhM2J>

Referências

ALBERTS, Bruce et al. **Molecular biology of the cell**. 4ed. Nova York: GARLAND SCIENCE, 2002.

Atividade 1

A molécula de DNA é quimicamente muito estável e não se degrada facilmente. Isso é importante para uma molécula que se presta a preservar as características genéticas de um indivíduo.

Outro ponto importante é que ela é dupla fita. Essa dupla fita, no momento de necessidade de duplicação de uma célula, se separa e cada fita simples serve de molde para síntese de uma outra fita nova, formando duas novas duplas-fitas, num processo semiconservativo. Esse sistema de duplicação apresenta taxas de erro baixíssimas, conservando a informação que o DNA carrega. Por isso, seu amigo pode ser parecido com o bisavô!

Atividade 2

Processo de transcrição, pois é DNA servindo de molde para a síntese de uma molécula de RNAm



Processo de Tradução, pois é a tradução de um RNAm em uma proteína.



Processo de Replicação, pois é a síntese de uma fita de DNA a partir de seu molde (de DNA)



Respostas
das
Atividades



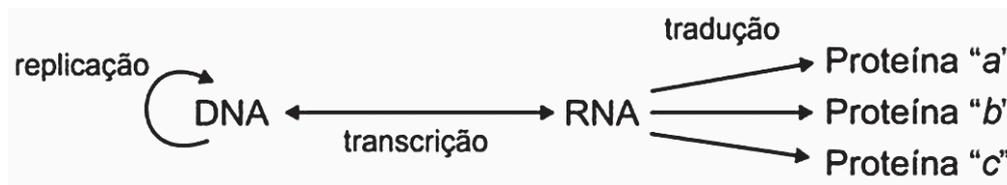
Atividade 3

Embora os genomas (conjunto dos genes) de humanos e chimpanzés seja muito semelhante, os dois organismos não o são. Isso pode ser explicado pela diferença na transcrição de genes em cada espécie. No chimpanzé temos conjuntos de genes ativados que não são os mesmos dos humanos.

O que perguntam por aí?

Questão 1 (ENEM 2009)

A figura seguinte representa um modelo de transmissão da informação genética nos sistemas biológicos. No fim do processo, que inclui a replicação, a transcrição e a tradução, há três formas proteicas diferentes, denominadas a, b e c.



Depreende-se que:

- A única molécula que participa da produção de proteínas é o DNA.
- O fluxo de informação genética, nos sistemas biológicos, é unidirecional.
- As fontes de informação ativas durante o processo de transcrição são as proteínas.
- É possível obter diferentes variantes proteicas a partir de um mesmo produto de transcrição.
- A molécula de DNA possui forma circular e as demais moléculas possuem forma de fita simples linearizadas.

Gabarito: Letra D

Comentário: O item a está errado, pois ao olharmos o esquema, percebemos que existem duas moléculas: o DNA e o RNA. O item b também está errado. Por muito tempo, acreditou-se que o DNA apenas se replicava ou era transcrito em RNAm, que traduzia o código genético em proteínas. Com a descoberta da enzima transcriptase reversa, ficou esclarecido que é possível sintetizar DNA utilizando RNAm como molde. Isso acontece em alguns vírus. Pela própria visualização do esquema dá para observar essa possibilidade. O erro do item c é que as fontes de informação são os RNAs e não as proteínas. O processo de transcrição consiste na síntese de RNA a partir de um molde de DNA. Já no caso do item e o erro é que o DNA nuclear (que está no núcleo da célula) apresenta-se na forma linearizada. A forma circular do DNA, denominada plasmídeo, é encontrada nas bactérias e nas mitocôndrias.

Questão 2 (ENEM 2011)

Considerando a estrutura da molécula de DNA e a posição das pontes de hidrogênio na mesma, os experimentos realizados por Meselson e Stahl, a respeito da replicação dessa molécula, levaram à conclusão de que:

- a. A replicação do DNA é semiconservativa, isto é, a fita dupla filha é recém-sintetizada e o filamento parental é conservado.
- b. A replicação do DNA é dispersiva, isto é, as fitas filhas contêm DNA recém-sintetizado e parentais em cada uma das fitas.
- c. A replicação é semiconservativa, isto é, as fitas filhas consistem de uma fita parental e uma recém-sintetizada.
- d. A replicação do DNA é conservativa, isto é, as fitas filhas consistem de moléculas de DNA parental.
- e. A replicação é semiconservativa, isto é, as fitas filhas consistem de uma fita molde e uma fita codificadora.

Gabarito: Letra C

Comentário: A duplicação do DNA é semiconservativa. Durante o processo de replicação, ocorre ruptura das ligações de hidrogênio existentes entre as bases dos dois filamentos da molécula e, junto à cada filamento velho, forma-se um novo filamento. Assim, cada molécula-filha de DNA é formada por um filamento velho e por um filamento recém-sintetizado.

Questão 3 (ENEM 2012)

Observe a sequência de bases nitrogenadas que compõem a porção inicial de um RNA mensageiro, transcrito em uma determinada proteína de uma célula eucariota:

AUGGCUAAAUUAGAC.....

Nessa proteína, o aminoácido introduzido pelo códon iniciador foi removido durante o processo de síntese.

Admita que uma mutação tenha atingido o códon, correspondente ao aminoácido número 3 da estrutura primária desse polipeptídeo, acarretando a troca de uma base A, na célula original, pela base U, na célula mutante.

A tabela abaixo permite a identificação dos códons dos aminoácidos encontrados tanto na proteína original como na mutante, codificados pelo trecho inicial desse RNA mensageiro:

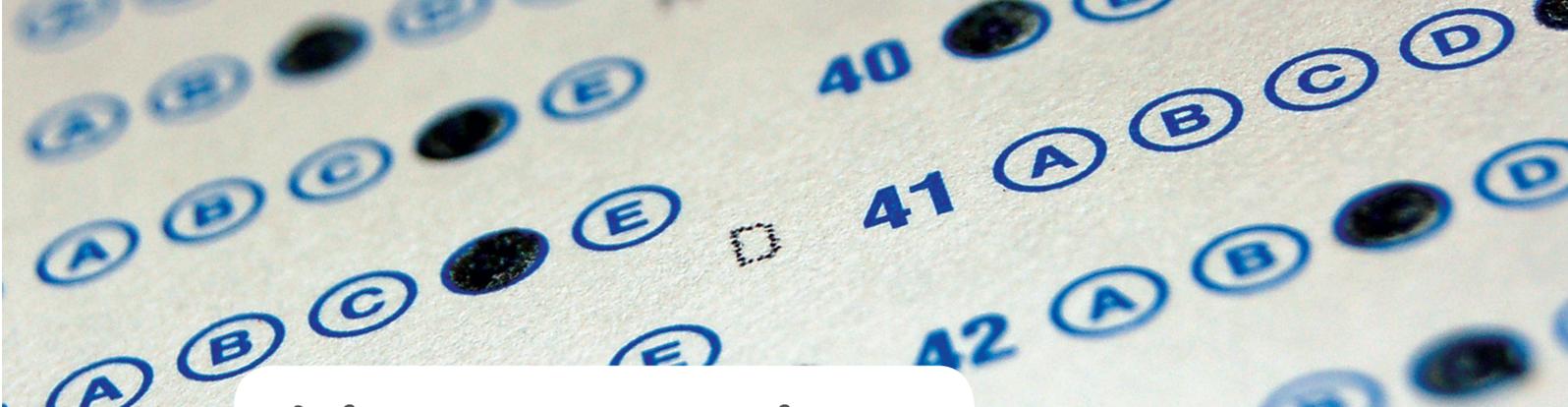
AMINOÁCIDO	CÓDONS
alanina	GCU, GCC, GCA, GCG
arginina	CGU, CGC, CGA, CGG, AGA, AGG
aspártico	GAU, GAC
fenilalanina	UUU, UUC
leucina	UUA, UUG, CUU, CUC, CUA, CUG
lisina	AAA, AAG
metionina e códon de iniciação	AUG
serina	UCU, UCC, UCA, UCG, AGU, AGC
tirosina	UAU, UAC
triptofano	UGG

Agora, a estrutura primária da proteína mutante tem como terceiro aminoácido:

- a. tirosina
- b. leucina
- c. triptofano
- d. fenilalanina

Gabarito: Letra D

Comentário: Como ocorre a remoção do primeiro aminoácido da cadeia polipeptídica, o terceiro aminoácido da estrutura primária do polipeptídeo em questão é aquele codificado pelo 4º códon, em destaque na sequência acima. Assim, com a substituição do nucleotídeo adenina por uracila, o novo códon será UUU, que codifica o aminoácido fenilalanina.



Atividade extra

Questão 1

“O DNA é formado por pedaços capazes de serem convertidos em algumas características. Esses pedaços são chamados de genes”.

Fonte: Ciências da natureza e suas tecnologias—Biologia 1. Adaptado.

Assinale abaixo quais os processos que resultam na expressão das características individuais:

Alternativas

- a. Replicação e transcrição.
- b. Replicação e tradução.
- c. Transcrição e tradução.
- d. Tradução, transcrição e replicação.

Questão 2

O DNA é um polímero. Isso significa que a sua totalidade é formada por várias unidades. Estas unidades são formadas por moléculas menores, que se associam de acordo com suas características químicas.

Fonte: Ciências da natureza e suas tecnologias—Biologia 1. Adaptado.

As unidades que se associam para formar uma cadeia de DNA são chamadas:

Alternativas

- a. cromossomos.
- b. nucleotídeos.
- c. cromatinas.
- d. núcleos.

Questão 3

“Durante a divisão celular, ocorre a replicação da molécula de DNA que acontece a partir de uma molécula pré-existente. Cada uma das duas fitas serve de molde para síntese de uma nova fita, que é complementar à original”.

Fonte: Ciências da natureza e suas tecnologias—Biologia 1. Adaptado.

A respeito dos ácidos nucleicos (DNA e RNA), podemos afirmar que:

Alternativas

- a. Durante a transcrição, os dois segmentos do DNA permanecem ativos.
- b. A duplicação do DNA é dita semiconservativa porque cada novo DNA conserva metade de DNA antigo.
- c. O gene é um segmento de RNA capaz de produzir proteína.
- d. A uracila é a base nitrogenada do DNA.

Questão 4

Nos seres humanos, há dois tipos de cromossomos: os somáticos e os sexuais. Temos 23 pares de cromossomos: 22 deles são somáticos e 1 par é de cromossomos sexuais.

Fonte: Ciências da natureza e suas tecnologias—Biologia 1. Adaptado.

Os cromossomos sexuais são:

Alternativas

- a. XX nas mulheres e XY nos homens.
- b. XY nas mulheres e XX nos homens.
- c. YY nas mulheres e XX nos homens.
- d. XX nas mulheres e YY nos homens.

Questão 5

Todas as células do seu corpo têm o mesmo DNA, no entanto, elas podem ser diferentes umas das outras porque transcrevem e traduzem genes diferentes.

Fonte: Ciências da natureza e suas tecnologias—Biologia 1. Adaptado.

Essas diferenças na expressão dos genes é consequência de mecanismos que chamamos de:

Alternativas

- a. Controle da expressão gênica.
- b. Controle das bases nitrogenadas.
- c. Controle da expressão somática.
- d. Controle dos códons de tradução.

Questão 6

“O DNA é uma grande molécula, estável, encontrada dentro do núcleo das células e guarda a informação genética dos indivíduos”.

Fonte: Ciências da natureza e suas tecnologias—Biologia 1. Adaptado.

A molécula de DNA é constituída por:

Alternativas

- a. Uma cadeia de polipeptídios unidos por pontes de hidrogênio.
- b. Uma cadeia de nucleotídeos que tem a capacidade de se replicar.
- c. Duas cadeias de polipeptídios, formando uma dupla hélice.
- d. Duas cadeias de nucleotídeos unidas por pontes de hidrogênio.

Questão 7

“A molécula de DNA é uma cadeia formada pelo encadeamento de várias unidades, chamadas nucleotídeos”.

Fonte: Ciências da natureza e suas tecnologias—Biologia 1. Adaptado.

Cada nucleotídeo é formado por um:

Alternativas

- a. Açúcar, uma base nitrogenada e um grupamento fosfato.
- b. Açúcar, duas bases nitrogenadas e um grupamento fosfato.
- c. Açúcar, uma base nitrogenada e dois grupamentos fosfato.
- d. Açúcar, duas bases nitrogenadas e dois grupamentos fosfato.

Questão 8

“Com a transcrição, os genes dão origem aos RNAs, que são ácidos nucleicos menores e mais versáteis que o DNA”.

Fonte: Ciências da natureza e suas tecnologias—Biologia 1. Adaptado.

O RNA também é formado por nucleotídeos, no entanto, as bases nitrogenadas apresentam uma pequena diferença:

Alternativas

- a. Ao invés da citosina, temos a uracila
- b. Ao invés da guanina, temos a uracila.
- c. Ao invés da timina, temos a uracila.
- d. Ao invés da adenina, temos a uracila.

Questão 9

As unidades que se associam para formar uma cadeia de DNA são chamadas nucleotídeos. Este por sua vez é formado por fosfato, pentose e base nitrogenada.

Fonte: Ciências da natureza e suas tecnologias—Biologia 1. Adaptado.

Quais são os nomes das quatro bases nitrogenadas?

Questão 10

“As unidades que se associam para formar uma cadeia de DNA são chamadas nucleotídeos. Um nucleotídeo é a unidade mínima da molécula de DNA”.

Fonte: Ciências da natureza e suas tecnologias—Biologia 1. Adaptado.

Como é formado um nucleotídeo?

Gabarito

Questão 1

- A** **B** **C** **D**

Questão 2

- A** **B** **C** **D**

Questão 3

- A** **B** **C** **D**

Questão 4

- A** **B** **C** **D**

Questão 5

- A** **B** **C** **D**

Questão 6

- A** **B** **C** **D**

Questão 7

- A** **B** **C** **D**

Questão 8

- A** **B** **C** **D**

Questão 9

São elas: Adenina, Timina, Citosina e Guanina.

Questão 10

É formado por um açúcar (chamado desoxirribose), uma das quatro bases nitrogenadas (A,T,C ou G) e por grupos fosfato (átomo de fósforo associado a três de oxigênio).

