

# BIOQUÍMICA

Prof. Kennedy Ramos

## UNIDADE 9: Estrutura do DNA

### Ácidos Nucléicos

Entre 1868 e 1871 Friedrich Miescher, observando núcleos de leucócitos e espermatozoides, percebeu a presença constante de determinadas substâncias ácidas. Em 1869, ele denominou ao conjunto dessas substâncias, ácidos nucleicos, pois acreditava que fossem exclusivos do núcleo. Apenas em 1944, o DNA foi identificado como sendo o material genético.



### Tipos e Ocorrência

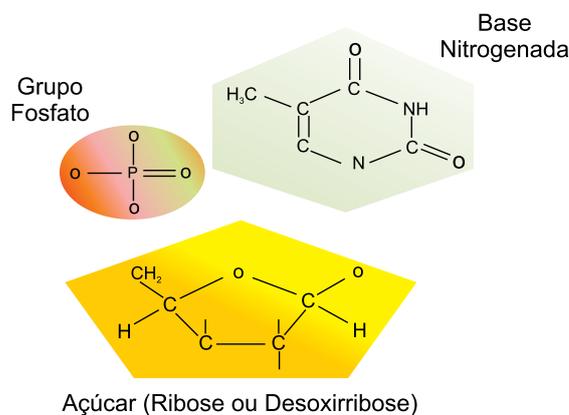
Os ácidos nucleicos podem ser de dois tipos, **DNA** (ácido desoxirribonucleico) e **RNA** (ácido ribonucleico), e podem ser encontrados no líquido citoplasmático ou em organelas, tais como cloroplastos e mitocôndrias.

Tipos	Ocorrência	
	Citoplasma	Núcleo
DNA	mitocôndrias e cloroplastos	maior quantidade
RNA	maior quantidade	somente nucléolo

### Constituição

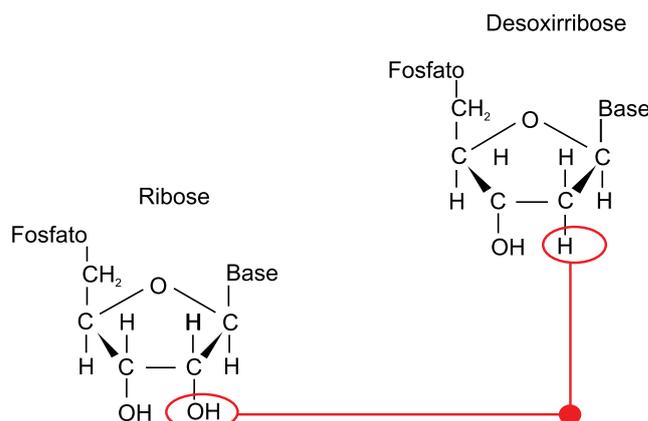
#### 1. Nucleotídeos

Os ácidos nucleicos são biopolímeros formados por unidades monoméricas denominadas nucleotídeos. Cada **nucleotídeo** é formado por um grupo fosfato, ligado a uma pentose e esta, por sua vez, está ligada a uma base nitrogenada. O radical fosfato é o mesmo em ambos os ácidos nucleicos, enquanto que a pentose e as bases nitrogenadas diferem.



#### 2. Pentoses

A ribose e a desoxirribose são os únicos açúcares (pentoses) presentes nos nucleotídeos. A ribose está presente no **RNA** e a desoxirribose no **DNA**.



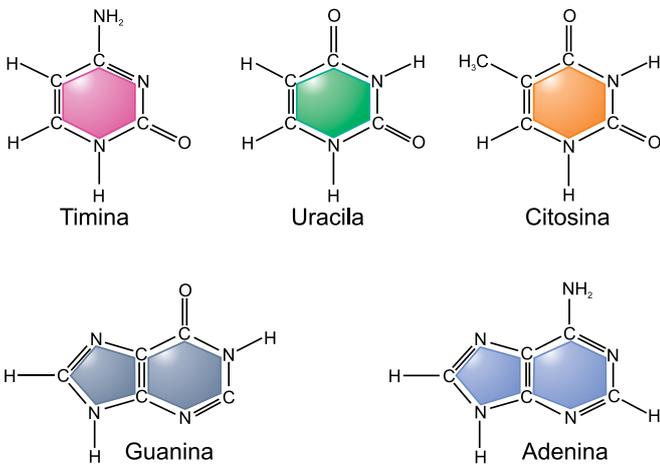
### 3. Bases Nitrogenadas

Existem cinco tipos de bases nitrogenadas (azotadas) encontradas nos ácidos nucleicos: **Adenina (A), Guanina (G), Citosina (C), Timina (T) e Uracila (U)**.

Essas bases são divididas em dois grupos:

■ **Purinas:** *Adenina e Guanina*. São maiores e constituídas por um anel duplo de carbono e nitrogênio, sendo encontradas tanto no DNA quanto no RNA.

■ **Pirimidinas:** *Citosina, Timina e Uracila*. São menores e apresentam um anel simples. A citosina é encontrada em ambos os ácidos nucleicos, enquanto que a **timina é exclusiva do DNA e a uracila é exclusiva do RNA**.



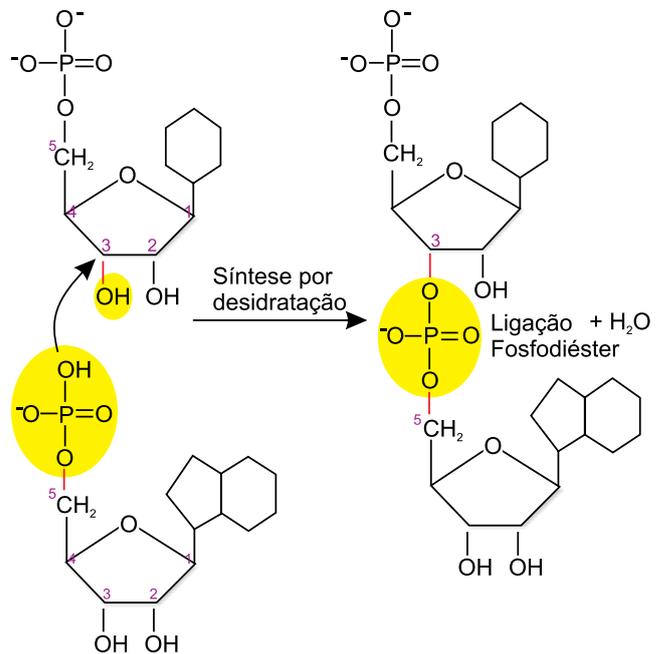
Em suma, no DNA encontraremos: **adenina, guanina, citosina e timina**, e no RNA encontraremos: **adenina, guanina, citosina e uracila**.

### 4. Ligação Fosfodiéster

Um nucleotídeo se une a outro através da **ligação fosfodiéster**, uma ligação estabelecida entre a pentose de um nucleotídeo e o fosfato do nucleotídeo vizinho, formando uma cadeia de nucleotídeos.

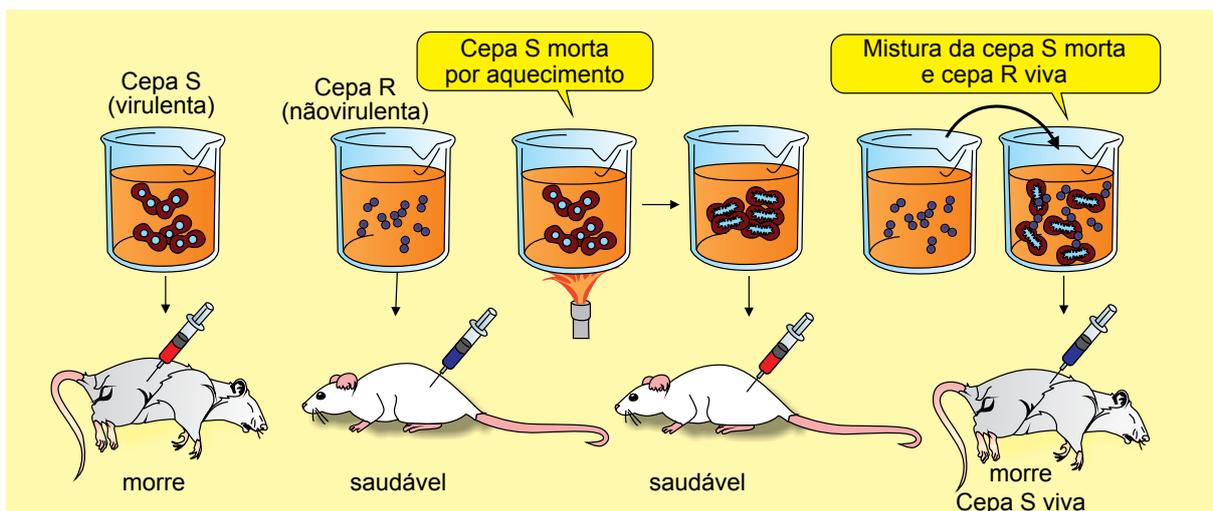
Uma ligação fosfodiéster conecta o carbono 5' de uma desoxirribose a átomo de carbono 3' da desoxirribose adjacente.

Exemplificando, teremos...



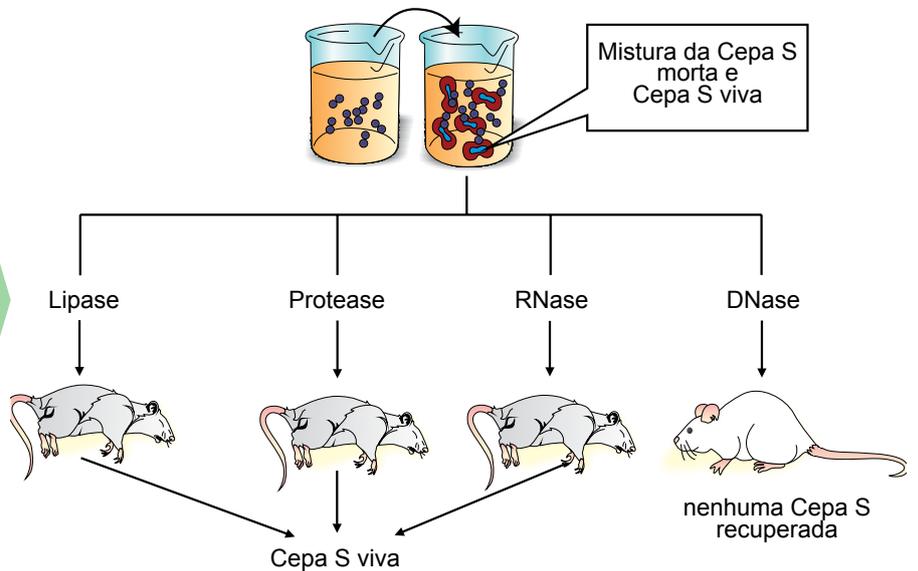
### Ácido Desoxirribonucléico (DNA)

Em 1928, o cientista inglês Frederick Griffith realizava pesquisas com a bactéria *Streptococcus pneumoniae*. A forma virulenta (Cepa S-lisa) possui uma cápsula e a forma não virulenta (Cepa R-rugosa) não possui capsula. Griffith ao injetar em camundongos uma mistura de cepa R viva e cepa S morta pelo calor, o experimento resultou na morte da maioria dos camundongos. O mais surpreendente foi o fato do sangue dos camundongos mortos conter cepa S viva.



É proibida a reprodução, total ou parcial, deste material

Assim, Griffith concluiu que as células R haviam sido **transformadas** em um novo tipo. Experimentos posteriores foram feitos para se descobrir qual seria a substância responsável para transformação. Assim, em 1944, Oswald Avery e seus colaboradores identificaram essa substância como o DNA.



## 2) Estrutura do DNA

Em 1953, James Watson e Francis Crick propuseram um modelo para o DNA, com base em resultados de cientistas anteriores. Erwin Chargaff e Rosalind Franklin podem ser destacados.

### ■ Regra de Chargaff:

O austríaco Erwin Chargaff estabeleceu algumas regras empíricas sobre as quantidades de cada tipo de nucleotídeos encontrado no DNA:

→ A quantidade total de nucleotídeos pirimidina (T+C) é sempre igual à quantidade total de nucleotídeos purina (A+G).  $A + G = T + C$  ou  $A+G/T+C=1$ .

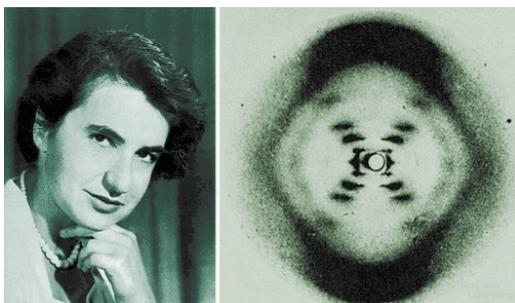
→ A quantidade de T é sempre igual à quantidade de A, e a quantidade de C é sempre a mesma que a de G.  $A=T$  e  $G=C$ .

### ■ Análise da Difração de Raios X do DNA:

Em experimentos de raios X, de **Rosalind Franklin** quando ela estava no laboratório de Maurice Wilkins, observou-se a dispersão dos raios pelas fibras de DNA.

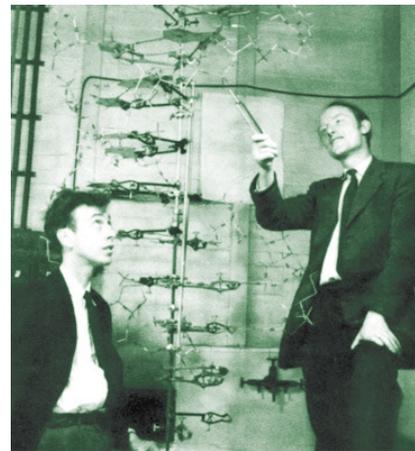
Os dados sugerem que o DNA é longo e fino, e que tem duas partes similares que são paralelas uma à outra.

Os dados mostraram que a molécula é Helicoidal.



### ■ O Modelo de Watson e Crick:

A estrutura do DNA tinha que preencher os principais requisitos de uma molécula hereditária:

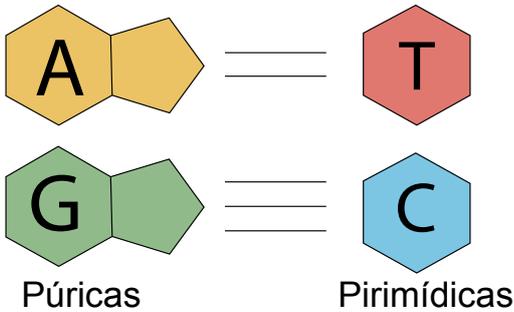


- Estocar informação;
- Duplicar;
- Sofrer mutação. Vitamina B2.

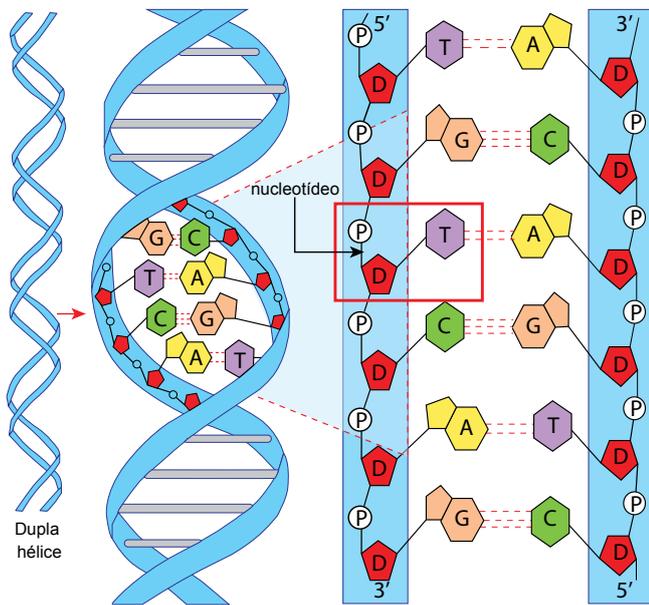
A estrutura tridimensional proposta por Watson e Crick é composta de duas cadeias laterais ("filamentos") de nucleotídeos torcidos na forma de uma **Dupla Hélice**.

Os dois filamentos de nucleotídeos são mantidos juntos por ligações entre as bases de cada filamento. Em suma, a estrutura do DNA pode ser resumida:

- O DNA possui uma Dupla Hélice.
- As estruturas açúcar-fosfato dos dois filamentos complementares são Antiparalelas.
- A ligação entre nucleotídeos é feita por ligação fosfodiéster.
- Os dois filamentos do DNA são unidos pelas bases nitrogenadas, por pontes de hidrogênio. A-T possuem duas pontes de hidrogênio e G-C possuem três pontes de hidrogênio.



O DNA é uma hélice composta de duas cadeias antiparalelas de nucleotídeos mantidas juntas por pareamento complementar de A com T e G com C.



A figura se assemelha a uma escada em caracol onde o corrimão de cada lado corresponde aos grupamentos fosfatos e as desoxirriboses, e os degraus são as bases nitrogenadas.



## ATIVIDADES PROPOSTAS



**01. (ifba) Uma curiosidade: hoje se sabe que Rosalind Franklin realizou as pesquisas básicas (o uso de raio X na observação do DNA) que possibilitaram a proposta da estrutura do DNA. Fato reconhecido por James Watson, em seu livro A dupla hélice. A partir de seus conhecimentos de Citogenética, analise as proposições a seguir:**

- Na estrutura do DNA, as duas fitas estão unidas por ligações de hidrogênio (pontes);
- O RNA, nos eucariotos, é produzido no citoplasma e, posteriormente, migra para o núcleo;

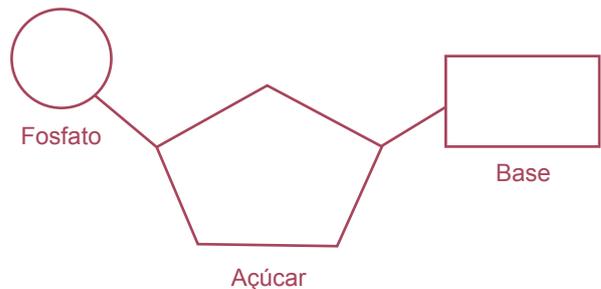
- O anticódon representa a trinca de bases do RNAm, que orientará a RNAr na síntese proteica;
- O código genético humano é degenerado, pois pode apresentar mais de um códon para um mesmo aminoácido.

**A alternativa em que todas as proposições estão corretas é:**

- I, II, III e IV
- I e II
- II e III
- III e IV
- I e IV.



**02. (Udesc) A figura representa, esquematicamente, um nucleotídeo. Esta molécula é de extrema importância para todos os seres vivos em razão dos diferentes papéis que desempenha no interior das células. Um dos papéis está relacionado à sua capacidade de formar diferentes polímeros no interior das células:**



**Analise as proposições em relação ao nucleotídeo:**

- Esta estrutura molecular é encontrada nas células de todos os seres vivos.
- Existem cinco tipos de bases nitrogenadas que podem se ligar ao açúcar.
- O açúcar, que se une ao fosfato e à base nitrogenada, tem em sua estrutura 5 carbonos.
- Os nucleotídeos são as unidades que formam os ácidos nucleicos.
- Nucleotídeos se ligam por meio de suas bases nitrogenadas, e também estabelecem ligações entre o açúcar de um e com o fosfato do outro.

**Pode-se inferir que:**

- Somente as afirmativas I, III e V são verdadeiras.
- Somente as afirmativas I, II e IV são verdadeiras.
- Somente as afirmativas II, III e IV são verdadeiras.
- Somente as afirmativas I, II, III e V são verdadeiras.
- Todas as afirmativas são verdadeiras.



**03. (Ufv) Este ano comemorou-se 50 anos da publicação do trabalho de Francis Crick e James Watson, que estabeleceu o modelo da estrutura da molécula de ácido desoxirribonucléico (DNA). Dentre as afirmativas abaixo, pode-se inferir que:**

- Uma cadeia simples de DNA é constituída de nucleotídeos, compostos por uma desoxirribose ligada a um fosfato e a um aminoácido.
- A polimerização de uma fita simples de DNA é dita semiconservativa, pois independe da existência de uma fita molde.
- Os nucleotídeos são polimerizados por meio de ligações fosfodiéster entre o fosfato e a base nitrogenada.
- Duas cadeias simples de DNA formam uma dupla-hélice, por meio da formação de pontes de hidrogênio entre as bases nitrogenadas.
- As duas cadeias de uma dupla-hélice possuem a mesma orientação, e suas sequências de bases são complementares.



**04. (Ufsm) O DNA presente nas mitocôndrias tem composição e estrutura típicas desse tipo de ácido nucleico, portanto é formado por:**

- uma cadeia de nucleotídeos em que as bases nitrogenadas interagem, formando ligações fosfo-diéster.
- duas cadeias polinucleotídicas paralelas e complementares entre si, através dos pareamentos de aminoácidos.
- nucleotídeos que são compostos por uma base nitrogenada, uma pentose e um radical fosfato.

**Pode-se inferir correta(s) a(s) afirmativa(s):**

- apenas I.
- apenas II.
- apenas III.
- apenas I e II.
- apenas II e III..



**05. (Ifsul) Em 1962, o prêmio Nobel de Fisiologia e Medicina foi concedido aos cientistas Francis Crick, Maurice Wilkins (britânicos) e James Watson (norte-americano) por suas pesquisas que determinaram a estrutura molecular do DNA. Sobre o DNA, são feitas as seguintes afirmativas:**

- Possui estrutura em dupla hélice, encontrada no núcleo celular, e sua importância reside no fato de que ele carrega os genes.
- No emparelhamento das fitas de DNA; se em uma fita tivermos a sequência de bases AAT-TTCG, na outra teremos TTAAAGC.

- É formado por uma pentose denominada desoxirribose e pelas bases nitrogenadas adenina, timina, citosina, guanina e uracila.
- Em alguns vírus, são encontrados ácidos nucleicos do tipo DNA espalhados no citoplasma viral.

**Estão corretas apenas as afirmativas**

- I e II.
- I, II e III.
- III e IV.
- I, III e IV.
- I e III.



## ATIVIDADES ENEM



**06. (MODELO ENEM) Com o advento da Biologia Molecular, o ser humano conseguiu realizar inúmeras façanhas como identificar pessoas que estiveram em determinados locais, realizar testes de paternidade e determinar a relação filogenética entre diferentes seres vivos, através do sequenciamento e homologia dos ácidos desoxirribonucléicos de cada indivíduo. Esse ácido tem como característica ser uma molécula polimérica de fita:**

- simples, composta por pentoses, bases nitrogenadas e fosfato.
- dupla, composta de pentoses, bases nitrogenadas e fosfato.
- dupla, composta por hexoses, aminoácidos e nitrogênio.
- dupla, composta por nucleotídeos ligados por pontes de enxofre.
- simples, composta por nucleotídeos ligados por pontes de hidrogênio.



**07. Adenina, guanina e citosina são bases presentes tanto na estrutura de como na de Qual das moléculas abaixo também está presente em ambas?**

- Uracila.
- Timina.
- Ribose.
- Fosfato.
- Desoxirribose.



**08. (MODELO ENEM) AEm 1953, James Watson e Francis Crick descreveram a estrutura do DNA (ácido desoxirribonucléico). O DNA armazena as informações genéticas que coordenam o desenvolvimento e o funcionamento dos seres vivos em unidades chamadas genes.**

Sua estrutura é formada por um longo polímero de unidades simples de nucleotídeos (monômeros), e sua cadeia principal, por moléculas de açúcares e fosfato intercaladas, unidas por ligações fosfodiéster. Ligada a cada molécula de açúcar, está uma das quatro bases nitrogenadas, cuja sequência, ao longo da molécula de DNA, constitui a informação genética. Das bases nitrogenadas listadas abaixo, qual ocorre exclusivamente na estrutura do DNA??

- a) Adenina.
- b) Uracila.
- c) Timina.
- d) Guanina.
- e) Citosina.



09. (MODELO ENEM) Em 1962, Watson e Francis Crick receberam o Prêmio Nobel em Fisiologia e em Medicina por terem descoberto o modelo acurado da estrutura do DNA.

**Acerca da molécula do DNA e suas características, pode-se inferir que:**

- a) a cadeia de nucleotídeos na constituição do DNA é mantida unida por ligações de nitrogênio e fosfato que se formam entre as bases nitrogenadas.
- b) a extremidade da cadeia de DNA, que contém fosfato, é chamada 3', e a que contém açúcar é chamada 5'.
- c) o DNA é um polímero de duas cadeias de desoxirribonucleotídeos unidos por ligações fosfodiéster.
- d) o DNA possui uma fita simples polinucleotídica paralela em torno de um eixo comum, formando uma hélice.
- e) A cadeia de nucleotídeos na constituição do DNA é mantida por ligação de oxigênio e fosfato.



10. (MODELO ENEM) O material genético deve suas propriedades a seus constituintes, os nucleotídeos, e à forma como são organizados na molécula de ácido nucleico. No caso específico do DNA, é característica da estrutura molecular:

- a) a ligação entre as bases nitrogenadas se dar por pontes de enxofre.
- b) a pentose típica do DNA ser uma desoxirribose.
- c) ter como bases nitrogenadas a adenina, citosina, guanina, timina e uracila.
- d) não existir uma orientação de polimerização dos nucleotídeos em cada cadeia.
- e) formar cadeias somente de fitas simples.



## GABARITOS

### QUESTÃO 01: Gabarito: [E]

**Comentário:** II. Falso. A produção de RNA em células eucarióticas ocorre no núcleo. Sua atividade durante a síntese proteica se processa no citoplasma celular.

III. Falso. O anticódon corresponde a uma trinca do RNA transportador. O anticódon permite o posicionamento exato do aminoácido em uma proteína sintetizada nos ribossomos.

### QUESTÃO 02: Gabarito: [E]

**Comentário:** Todas as proposições estão corretas e relacionadas à estrutura e função dos nucleotídeos nas células.

### QUESTÃO 03: Gabarito: [D]

**Comentário:** A estrutura tridimensional proposta por Watson e Crick é composta de duas cadeias laterais de nucleotídeos torcidos na forma de uma Dupla Hélice.

### Questão 04: Gabarito: [C]

**Comentário:** Grupo fosfato, pentose (açúcar) e base nitrogenada.

### Questão 05: Gabarito: [A]

**Comentário:** O DNA é formado por duas cadeias polinucleotídicas pareadas e antiparalelas. As bases nitrogenadas presentes nessa macromolécula são: adenina, timina, guanina e citosina.

Os vírus são micro-organismos acelulares desprovidos de membrana plasmática, citoplasma ou núcleo.

Eles são constituídos, basicamente, por uma cápsula proteica revestindo o material genético composto por DNA ou RNA.

### Questão 06: Gabarito: [B]

**Comentário:** O ácido desoxirribonucleico (DNA ou ADN) é um polímero de nucleotídeos. Cada nucleotídeo é composto por um fosfato, uma pentose (desoxirribose) e uma base nitrogenada (adenina, guanina, citosina ou timina), ligados entre. Os nucleotídeos formam duas cadeias complementares que se ligam por pontes de hidrogênio.

### Questão 07: Gabarito: [D]

**Comentário:** O grupo fosfato faz parte da estrutura molecular do DNA e do RNA.

**Questão 08: Gabarito:[C]**

**Comentário:** A base pirimídica timina aparece na molécula de DNA.

**Questão 09: Gabarito:[C]**

**Comentário:** O DNA é uma macromolécula formada pela polimerização de desoxirribonucleotídeos unidos entre si por ligações fosfodiéster. As duas cadeias são unidas por partes de hidrogênio que se formam entre os pares específicos de bases nitrogenadas, isto é, adenina pareada com timina e guanina com citosina.

**Questão 10: Gabarito:[B]**

**Comentário:** O ácido desoxirribonucleico (ADN ou DNA) é formado por duas fitas de nucleotídios ligados entre si por pontes de Hidrogênio. As bases nitrogenadas dos nucleotídios do DNA podem ser de quatro tipos: adenina, citosina, guanina e timina. A uracila é uma base nitrogenada presente apenas nas moléculas de RNA. Existe uma orientação típica dos nucleotídios nas cadeias de DNA, sempre uma no sentido 5'-3' e a outra 3'-5'.

**REFERENCIAL TEÓRICO**

ALBERTS, B.; BRAY, D.; LEWIS, J.; RAFF, M.; ROBERTS; WALTER, P.; Fundamentos da Biologia Celular. Porto Alegre: Artmed, 3ed. 2011.

McMURRY, J., Química Orgânica vol. 1 e vol. 2. Editora CENGAGE Learning. Tradução da 6ª Edição Norte Americana, 2008.

LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L.; COX, M.M. Princípios de Bioquímica. 2. ed. São Paulo: Sarvier, 2000.

ALBERTS, B.; BRAY, D.; LEWIS, J.; RAFF, M.; ROBERTS; WALTER, P.; Biologia Molecular da Célula. Porto Alegre: Artmed, 5ed. 2008.

COOPER G.M. & HAUSMAN R.E. A Célula: uma abordagem molecular. 3ed. Porto Alegre, Artmed, 2007.

GRIFFITHS, A.J.F. et al. Introdução à Genética. 10ª edição. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Koogan, 2013.

JUNQUEIRA L.C.U., CARNEIRO J. Biologia Celular e Molecular. 6ª ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 2005.

JUNIOR, C.S.; SASSON, S.; JUNIOR, N.C. Biologia VOL 1 – 9º Ed. São Paulo, Saraiva, 2010.

JUNIOR, C.S.; SASSON, S.; JUNIOR, N.C. Biologia VOL 2 – 9º Ed. São Paulo, Saraiva, 2010

LOPES, S.; ROSSO, S.; BIO volume 2. 1. Ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

AMABIS, J.M.; MARTHO, G.R.; Biologia volume 1: Biologia das Células 2. Ed. São Paulo: Moderna, 2004.

AMABIS, J.M.; MARTHO, G.R.; Biologia volume 1: Biologia das Células 2. Ed. São Paulo: Moderna, 2010.

AMABIS, J.M.; MARTHO, G.R.; Biologia volume 2: Biologia dos Organismos 3. Ed. São Paulo: Moderna, 2004.

AMABIS, J.M.; MARTHO, G.R.; Biologia volume 2: Biologia dos Organismos 3. Ed. São Paulo: Moderna, 2010.

LINHARES, S.; GEWANDSZNAJDER, F.; Biologia, volume único 1. Ed. São Paulo: Ática, 2011.