



# Resumão

# Biologia

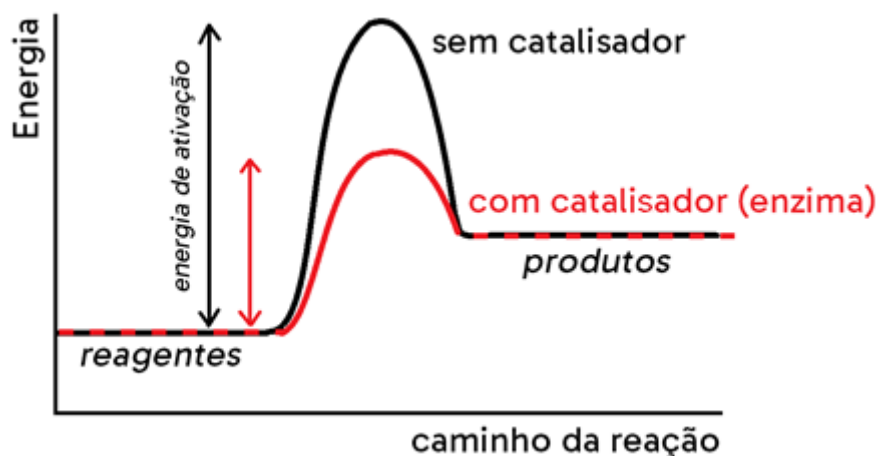
## Atividade e inibição enzimática

### Teoria

As enzimas são proteínas de formato tridimensional, com estrutura terciária ou quaternária. Elas são formadas durante o processo de tradução, e são consideradas **catalisadores biológicos**, e aceleram reações e processos, sem alterá-los.

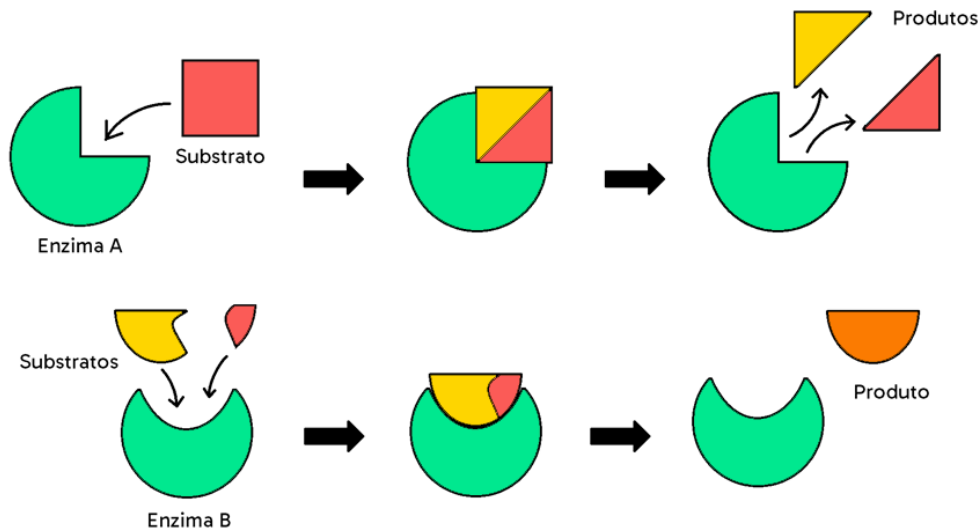
Essas moléculas apresentam regiões que fazem ligações químicas com outras substâncias, chamadas de **sítios**. Além disso, outras moléculas (como cofatores e coenzimas) também podem se ligar à cadeia proteica da enzima, para que ela se ative e realize suas funções.

Para que uma reação aconteça, é necessário aplicar uma **energia de ativação**. A presença de enzimas pode reduzir a energia necessária para iniciar a reação (reduz a energia de ativação). A reação se inicia com a formação do complexo enzima-substrato e é finalizada quando os produtos são liberados no meio.



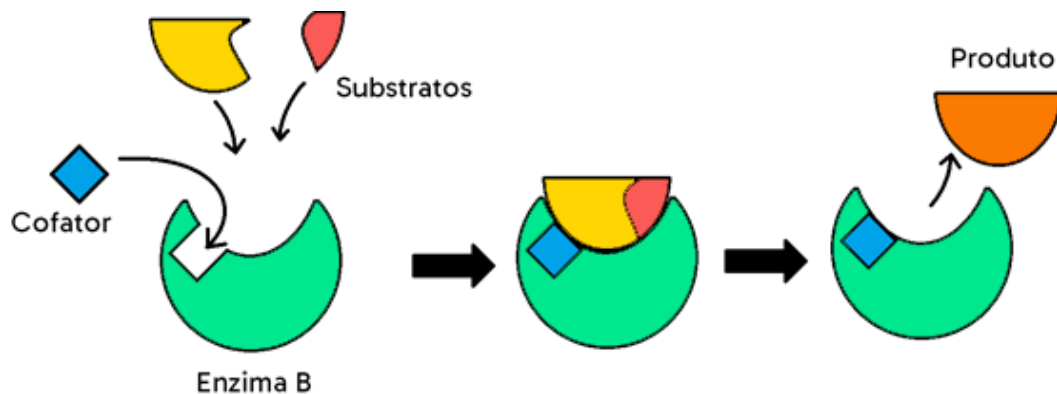
Atividade da enzima diminuindo a energia de ativação. As enzimas são catalisadores orgânicos que diminuem a energia de ativação de uma reação.

As enzimas não são degradadas após a reação. Ou seja, depois de reagir com um substrato, a mesma enzima pode reagir com outras moléculas, até que a reação seja interrompida, normalmente por causa do fim da concentração de substrato. As enzimas sempre serão específicas para atuar sobre um tipo de substrato. Quando o substrato está ligado à enzima, chamamos a estrutura de **complexo enzima-substrato**.



Esquema simplificado do substrato se ligando ao sítio ativo de uma enzima. Com a enzima A, vemos uma reação de quebra, liberando dois produtos finais. Já com a enzima B, vemos uma reação de síntese, onde dois substratos formam um produto final.

Existem também os **cofatores enzimáticos**. Os cofatores são compostos não-proteicos que se ligam às enzimas para que elas funcionem normalmente. As enzimas sem seu cofator (ou seja, apenas com a estrutura proteica) são chamadas de apoenzimas e são inativas. Quando um cofator se liga à enzima, ela se torna ativa e chamamos a estrutura de holoenzima. Os cofatores não são fixos na estrutura enzimática, podendo se desligar quando a reação é finalizada. Usualmente, os sais minerais atuam como cofatores enzimáticos. Quando o cofator é uma estrutura orgânica, chamamos de coenzima. Esse é o caso das vitaminas.



A função dos cofatores enzimáticos na enzima. Os cofatores podem, por exemplo, se ligar à estrutura proteica da enzima para formar o sítio ativo.

## Controle da atividade enzimática

As enzimas podem ter sua atividade alterada em relação à velocidade enzimática, como temperatura, pH e concentração de substrato.

## Substrato

Conforme aumenta a quantidade de substrato, mais enzimas podem atuar sobre ele, aumentando a velocidade total da reação. Porém, após determinada concentração, todas as enzimas já estão ocupadas, formando um complexo enzima-substrato, e não há como aumentar o número de reações. Esse ponto é chamado de ponto de saturação enzimática.

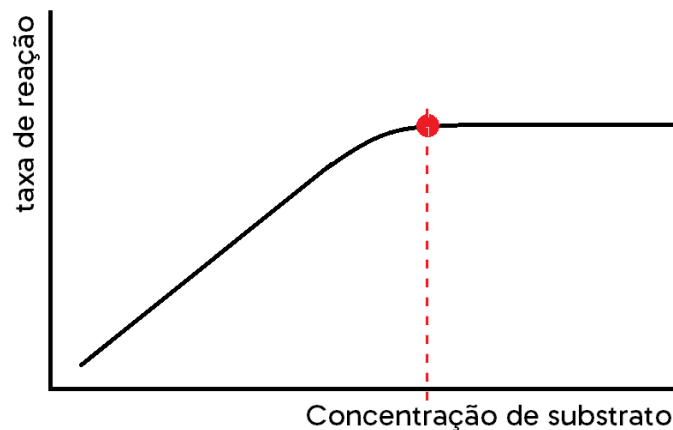
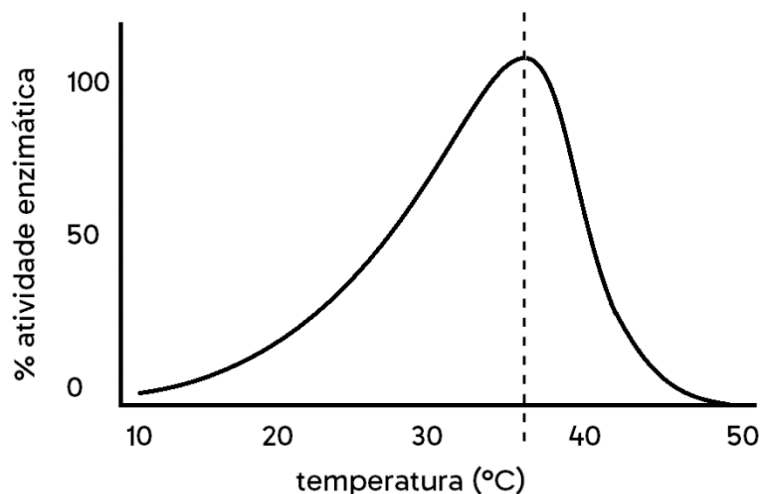


Gráfico mostrando a relação da velocidade da reação com a concentração de substrato, até atingir o ponto de saturação enzimática, indicado pelo ponto em vermelho .

## Temperatura

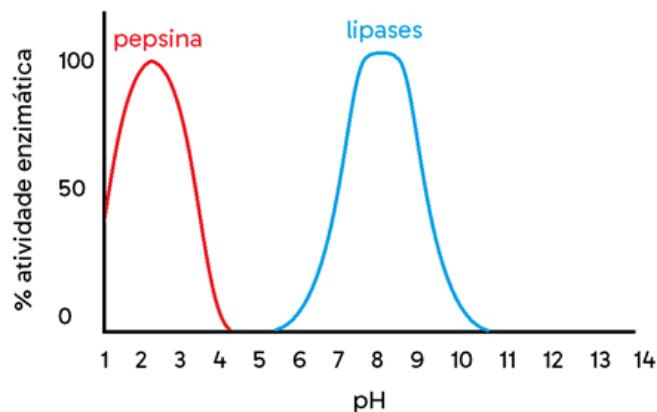
Cada enzima apresenta uma temperatura ótima para que ocorra a reação em sua velocidade máxima. Temperaturas abaixo desse ótimo usualmente inibem as enzimas, pela baixa quantidade de energia. Porém, temperaturas acima desse valor ótimo desnaturam as enzimas, podendo destruir totalmente a molécula.



No corpo humano, a maioria das reações ocorre com uma temperatura ótima entre 36- 37°C.

## pH

O pH ótimo de uma enzima indica em qual pH será encontrado uma atividade máxima. Assim como a temperatura, cada enzima apresenta um pH ótimo diferente. Quando o pH está afastado do seu valor ótimo, as enzimas podem ficar inibidas ou parcialmente desnaturadas. Quando o pH está extremamente afastado do pH ótimo, pode ocorrer a desnaturação completa da enzima.

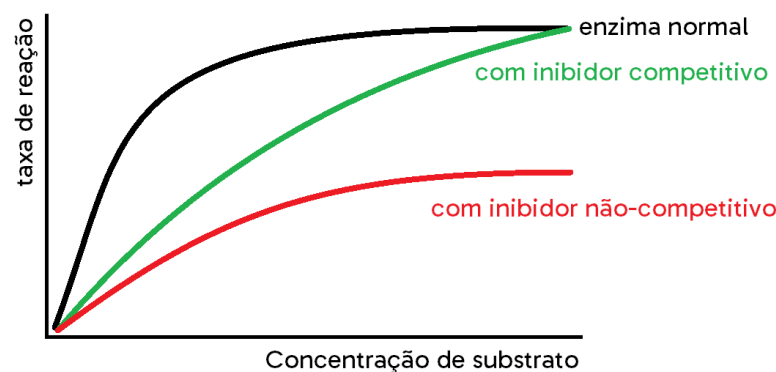


As enzimas do trato digestivo apresentam pH ótimo diferentes: no estômago, a pepsina atua na velocidade máxima quando o pH é ácido. Já no duodeno, enzimas como as lipases atuam em um pH básico, próximo a 8.

## Inibição enzimática

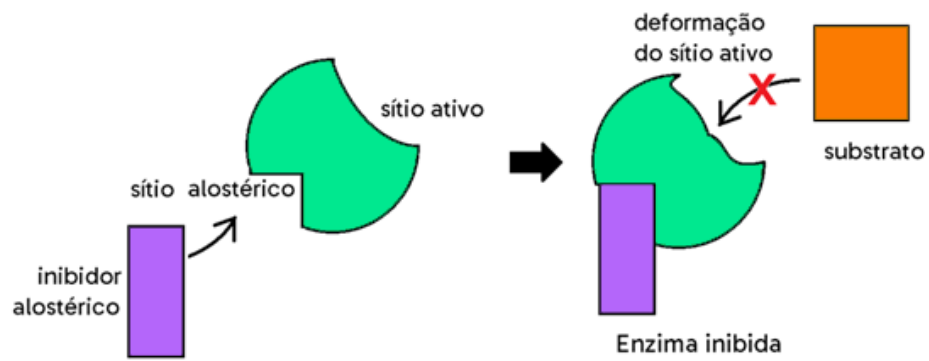
As enzimas podem sofrer uma inibição, que pode ser reversível ou irreversível.

- **Reversível com inibição competitiva:** inibidores competem com o substrato específico da enzima, fazendo com que a velocidade da reação atinja o máximo somente se houver a concentração de substrato muito maior que do inibidor.
- **Reversível com inibição não competitiva ou alostérica:** tipo de inibição em que o inibidor se liga ao sítio alostérico da enzima, alterando o sítio ativo da enzima e impedindo a ligação com o substrato. Nesse caso, nunca se pode obter a velocidade máxima da reação.



Na inibição competitiva, ao aumentar a concentração de substrato, é possível atingir a taxa máxima de reação, porém isso não ocorre na inibição não competitiva.

- **Irreversível:** a substância inibidora inativa permanentemente a enzima, alterando as ligações e o grupo funcional.



Esquema de como ocorre a inibição enzimática com a ação de um inibidor alostérico.

## Exercícios

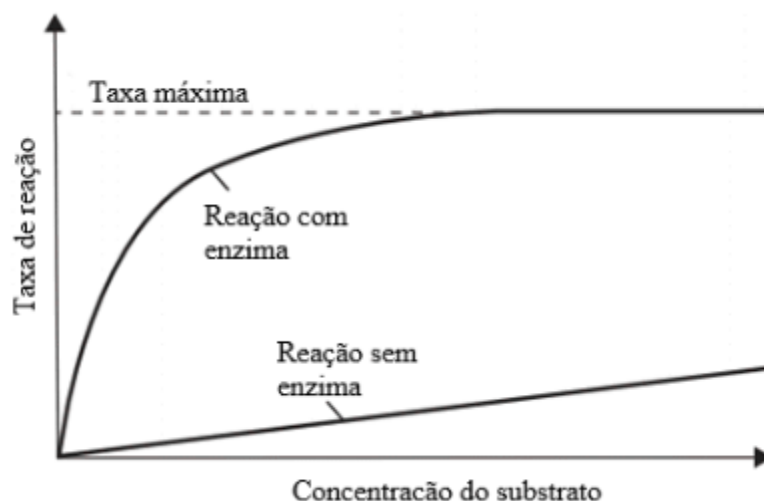
---



1. (NUCEPE 2018) O metabolismo consiste num complexo de reações químicas responsáveis, por todas as atividades biológicas em um organismo, sendo que todos esses processos ocorrem de maneira rápida e eficiente, graças a um grupo de substâncias que atuam como catalizadores biológicos. Essas substâncias são denominadas:
  - a) Monossacarídeos e pertencem ao grupo dos carboidratos.
  - b) Enzimas e fazem parte do grupo das proteínas.
  - c) Vitaminas e fazem parte dos compostos inorgânicos.
  - d) Ácidos graxos e compõem as moléculas de lipídios.
  - e) Enzimas e fazem parte do grupo dos ácidos nucleicos.
  
2. (UFJF) A febre alta pode causar sérios danos ao organismo, pois a temperatura ótima de funcionamento para a maioria das enzimas humanas encontra-se entre 35 e 40°C. Considerando a relação entre a temperatura e a atividade das enzimas humanas, é correto afirmar que a febre acima de 40°C causa problemas porque:
  - a) Aumenta a atividade da maior parte das enzimas, devido à menor disponibilidade de energia.
  - b) A atividade das enzimas é reduzida, uma vez que essas sofrem desnaturação e não se associam ao substrato.
  - c) A maior parte das enzimas perde sua atividade porque se solidifica (precipita).
  - d) Aumenta a atividade das enzimas devido à sua precipitação, acelerando o reconhecimento do substrato.
  - e) A atividade das enzimas é reduzida, em consequência da quebra das ligações peptídicas.
  
3. Para inibir a ação de uma enzima, pode-se fornecer à célula uma substância que ocupe o sítio ativo dessa enzima. Para isso, essa substância deve:
  - a) Estar na mesma concentração da enzima.
  - b) Ter a mesma estrutura espacial do substrato da enzima.
  - c) Recobrir toda a molécula da enzima.
  - d) Ter a mesma função biológica do substrato da enzima.
  - e) Promover a desnaturação dessa enzima.



4. (UNESP) No interior do Estado do Mato Grosso, um pescador, após comer um sanduíche, entrou nas águas de um rio a fim de se refrescar. Não muito distante do local, um jacaré, após abundante refeição, à base de peixes e aves da região, repousava sobre as areias da margem do rio. Considerando-se que as temperaturas da água do rio e da areia eram, respectivamente, de  $18^{\circ}\text{C}$  e  $45^{\circ}\text{C}$  e que as enzimas digestivas do homem e do jacaré têm sua temperatura ótima entre  $35^{\circ}\text{C}$  e  $40^{\circ}\text{C}$ , deseja-se saber:
- se o jacaré teria alguma dificuldade na digestão do alimento se permanecesse no rio após a sua refeição. Justifique.
  - para o pescador, qual seria o local mais apropriado para realizar a digestão do sanduíche, no rio ou às suas margens? Por quê?
5. (FMP 2016) O gráfico a seguir mostra como a concentração do substrato afeta a taxa de reação química:

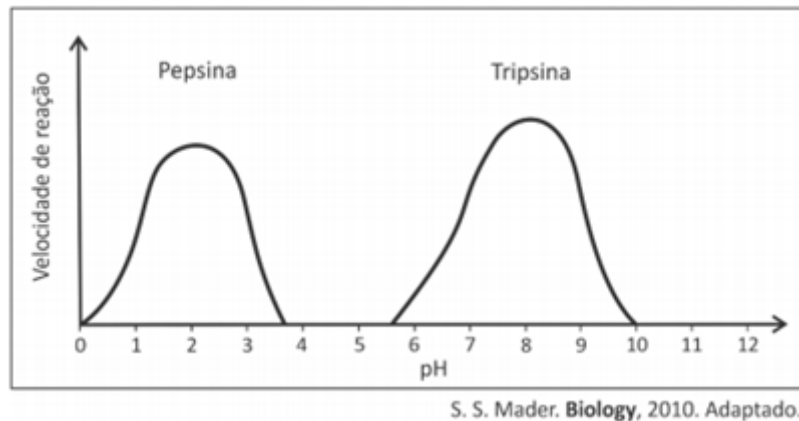


O modo de ação das enzimas e a análise do gráfico permitem concluir que

- todas as moléculas de enzimas estão unidas às moléculas de substrato quando a reação catalisada atinge a taxa máxima.
- com uma mesma concentração de substrato, a taxa de reação com enzima é menor que a taxa de reação sem enzima.
- a reação sem enzima possui energia de ativação menor do que a reação com enzima.
- o aumento da taxa de reação com enzima é inversamente proporcional ao aumento da concentração do substrato.
- a concentração do substrato não interfere na taxa de reação com enzimas porque estas são inespecíficas.



6. (FUVEST 2016) A atividade das enzimas é influenciada pelo pH do meio. O gráfico abaixo mostra a velocidade de reação de duas enzimas que atuam na digestão humana, pepsina e tripsina.



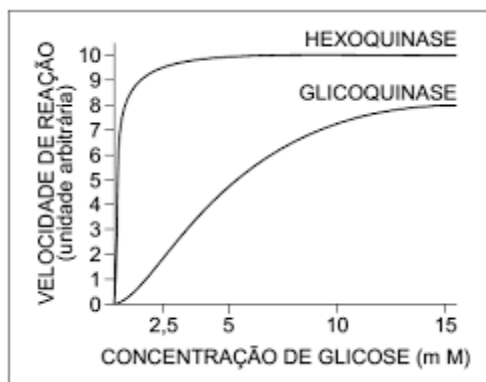
Para identificar se um frasco rotulado “Enzima” contém pepsina ou tripsina, foi planejado um experimento com quatro tubos de ensaio: dois tubos teste e dois tubos controle.

- a) Complete o quadro abaixo, indicando como deve ser montado cada um dos quatro tubos de ensaio do experimento. Para cada tubo, devem ser indicadas três condições:
- adição de enzima ou água esterilizada;
  - tipo de substrato (proteína, amido ou gordura);
  - valor de pH.

	Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3	Tubo 4
Enzima ou água				
Substrato				
Valor de pH				

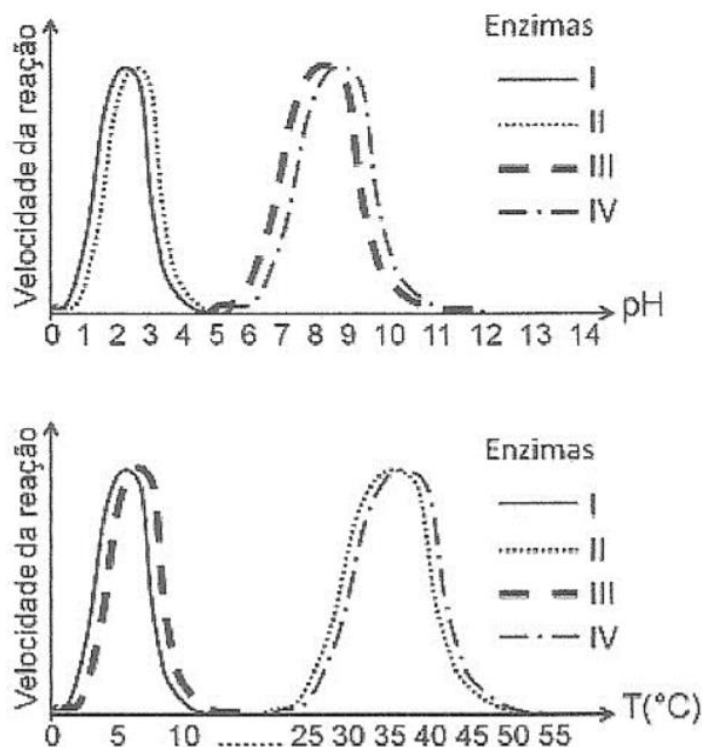
- b) Qual é o resultado esperado em cada tubo de ensaio, caso o frasco contenha apenas pepsina?
- c) Em que órgão(s) do sistema digestório humano atuam a pepsina e a tripsina?

7. (UFRJ 1997) A glicoquinase e a hexoquinase são duas enzimas que reagem com o mesmo substrato, a glicose. Ambas são enzimas intracelulares que fosforilam a glicose formando glicose 6-fosfato (G6P). Dependendo da enzima produtora, a G6P pode ou ser degradada na via da glicólise para gerar energia ou então ser usada para síntese de glicogênio. A glicólise ocorre nos tecidos em geral e a síntese de glicogênio ocorre principalmente no fígado. A síntese do glicogênio somente acontece quando existe excesso de glicose no sangue. Essa é uma forma de armazenar esse açúcar. Observe a figura a seguir, que apresenta as velocidades de reação dessas duas enzimas em função da concentração da glicose. Níveis normais de glicose no sangue estão ao redor de 4mM.



Qual das duas enzimas gera G6P para síntese de glicogênio hepático? Justifique sua resposta.

8. (UFPR 2015) As enzimas encontradas nos órgãos de diferentes espécies de animais apresentam atividade próxima do ótimo nos valores de temperatura e pH encontrados nesses órgãos. Baseado nesse preceito, um pesquisador realizou um estudo traçando o perfil cinético de quatro enzimas (I a IV) presentes em aves e peixes da Antártida, encontrando os resultados apresentados nos gráficos abaixo.



As enzimas provenientes do intestino de peixe e do estômago de ave da Antártida são, respectivamente:

- I e II
- I e IV
- III e II
- III e IV
- IV e I

## Gabarito

1. **B**

As enzimas são de origem proteica e possuem função de catalizadores biológicos, acelerando reações e processos.

2. **B**

Temperaturas altas fazem com que as proteínas (e as enzimas) se desnaturem, ou seja, percam a sua forma. Com isso, a atividade enzimática fica muito reduzida.

3. **B**

A inibição competitiva ocorre quando uma substância inibidora ocupa o local onde o substrato se ligaria, ou seja, deve ter estrutura espacial semelhante a este.

4.

a) Sendo o jacaré um animal heterotérmico, sua temperatura se iguala à da água, dificultando a atividade enzimática durante a digestão.

b) Para o homem, qualquer lugar seria adequado para a digestão. Sendo um organismo homeotérmico, a temperatura de seu corpo permanece estável, apesar das variações ambientais.

5. **A**

Quando a taxa de reação atinge a velocidade máxima, significa que todas as enzimas estão catalisando a reação de um substrato.

6.

a)

	<b>Tubo 1</b>	<b>Tubo 2</b>	<b>Tubo 3</b>	<b>Tubo 4</b>
<b>Enzima ou água</b>	Enzima	Água	Enzima	Água
<b>Substrato</b>	Proteína	Proteína	Proteína	Proteína
<b>Valor de pH</b>	2	2	8	8

b) De acordo com os dados do quadro acima, tem-se:

Tubo 1 – haverá digestão das proteínas, pois o pH 2 é ideal para a ação da pepsina.

Tubos 2 e 4 – não haverá digestão, pois não há enzima (tubos controles).

Tubo 3 – não haverá digestão, pois o pH 8 não é ideal para a ação da pepsina.

c) A pepsina atua no estômago, e a tripsina, no intestino delgado.

7.

A glicólise ocorre para que haja a produção de energia através do metabolismo celular, ocorrendo constantemente no nosso organismo. Já a produção de glicogênio ocorre para fazer a estocagem de glicose, e acontece quando esse composto está presente em grande quantidade no sangue. A glicoquinase é a enzima que apresenta maior atividade quando a concentração de glicose no sangue é maior que o normal, sendo a responsável então para a síntese do glicogênio hepático.

8. C

Nos peixes, por serem ectodérmicos, as enzimas atuam em temperaturas mais baixas, e o intestino é básico, logo a enzima é a III. As aves são organismos endotérmicos, então suas enzimas atuam em temperaturas mais elevadas, e o estômago possui pH mais ácido, logo a enzima é a II.

## Agroecossistemas

### Teoria

---

#### A Agricultura



Quando a espécie humana se tornou sedentária, após um longo período de nomadismo, iniciou-se também a manipulação da natureza, com objetivo de produzir alimentos, surgindo então a agricultura. A manipulação e seleção artificial de certos alimentos são exemplos de técnicas biotecnológicas primitivas, mas que foram de grande importância para o desenvolvimento das sociedades.

Além da produção de alimentos para os humanos, a agricultura também se relaciona com a produção agrícola para alimentação de abatedouros (por exemplo, o plantio de soja para alimentação de bovinos) e para indústria madeireira.

Atualmente temos muitos aspectos biológicos e ecológicos ligados à agricultura, principalmente o conceito de **sustentabilidade**, que objetiva a preservação do planeta, porém, ainda assim, atendendo às necessidades humanas e sociais.

Dentre os modelos de produção agrícola, citamos alguns:

#### Rotação de Culturas

O objetivo dessa técnica é evitar o desgaste nutricional do solo. A terra é dividida em unidades, e em cada unidade de terra é feito um plantio diferente. Pode ou não haver um dos terrenos em repouso, sem nada plantado. Normalmente são alternadas plantas “comuns” com plantas leguminosas, pois essas últimas

possuem bactérias fixadoras de nitrogênio, que aumentam a quantidade de nutrientes do solo, recuperando-o e promovendo um plantio mais eficiente. Devido à importância da incorporação do nitrogênio no solo, a rotação de culturas com uma leguminosa faz com que o solo se torne mais produtivo para outras plantações. A utilização de leguminosas pode ser chamada de **adubação verde**.



## Agricultura Tradicional

É geralmente praticada em pequenos terrenos e hortas, normalmente relacionada a uma mão de obra local, em terrenos de família ou em pequenas comunidades, com objetivo de consumo próprio. Apresenta técnicas mais rudimentares, sem implementação de máquinas ou qualquer tipo de tecnologia avançada.

## Agricultura Moderna

Apresenta uma alta produtividade, bastante ligada ao agronegócio, com muito capital e técnica empregada. Pode ser integrada ao setor de pesquisa e desenvolvimento, aumentando sua capacidade de produção. Sendo intensiva, esse tipo de agricultura pode aumentar a sua produção sem incorporar novas terras, e com utilização de maquinarias e biotecnologias mais avançadas.



Na agricultura moderna, as práticas envolvendo agrotóxicos, sementes geneticamente modificadas e processos de pesquisa e desenvolvimento são comuns, e o aproveitamento do solo e a utilização do espaço é feito de maneira intensiva. Por conta disso, há uma alta produtividade, porém também há um grande desgaste do solo, principalmente em áreas de monocultura, onde há produção em grande quantidade apenas de um determinado bem agrícola.

## **Agrofloresta**

Nesse tipo de produção agrícola, ocorre o plantio de alimentos de maneira sustentável, incluindo técnicas para recuperação de espaços florestais, minimizando os impactos da produção agropecuária, preservando ao máximo a flora e a fauna local e o solo. É comum estar associado à Permacultura e à Agroecologia, que veremos abaixo.





## Permacultura

É uma forma de plantio que vai além da agricultura, com aspectos de estudos da paisagem, a partir do manejo de recursos naturais e planejamento ecológico. Esse tipo de plantio visa cuidar “da terra, das pessoas e do futuro”, de acordo com seus princípios éticos e a busca da sustentabilidade. Existe uma prioridade em valorizar os recursos renováveis, evitando desperdícios, integrando sistemas, ecologias de paisagem e cuidado do meio ambiente.



## Agroecologia

Esse modelo visa a aplicação e estudo da agricultura com uma perspectiva ecológica, interligando sistemas agrícolas com aspectos ambientais, e além de ser um foco de estudo científico, também pode implicar em práticas sociais e políticas. Leva em conta experiências tradicionais, como comunidades familiares e indígenas. Visa principalmente manter um ambiente sustentável e economicamente eficiente, sem utilização de agrotóxicos ou transgênicos.



## Agricultura Orgânica

Esse tipo de plantio não utiliza fertilizantes e agrotóxicos sintéticos, nem transgênicos, visando um plantio mais natural e sustentável. Por conta disso, a produção é mais baixa e não ocupa grandes áreas, porém o solo se torna mais saudável e durável, além dos alimentos apresentarem maior qualidade. Normalmente está associado à rotação de culturas, e também pode ser aplicado em sistemas agroecológicos.

## Hidroponia

Aqui o plantio ocorre fora do solo – as raízes ficam em canos com água corrente, podendo ou não haver adição de substâncias nutricionais nessa água. As vantagens desse plantio são a menor incidência ou mesmo ausência de pragas, evitando o uso de agrotóxicos; porém, caso a água não seja tratada corretamente, pode haver uma deficiência nutricional nas plantas. Há alguns casos em que parte do crescimento das mudas pequenas ocorre em terra, e depois são posicionadas nos canos, ou o plantio ocorre até mesmo com a associação dos canos à tanques de água com peixes, sendo a água da piscicultura rica em nutrientes que serviriam para as plantas (chama-se esses sistemas de Aquaponia).



## Transgenia

Organismos Geneticamente Modificados, ou transgênicos, são indivíduos que tiveram um gene de uma espécie diferente inserido através da engenharia genética. É uma biotecnologia que permite inserir um gene com uma característica em uma semente de outra espécie.

Vantagens → menor custo e maior produção, menor uso de agrotóxicos.

Desvantagens → seleção de seres resistentes, impactos na fauna local.



## Orgânicos

São alimentos que são produzidos sem a utilização de agrotóxicos e fertilizantes artificiais. Somente são utilizados fertilizantes naturais, como fezes de animais.

Vantagens → não utiliza agrotóxicos e fertilizantes.

Desvantagens → podem levar à eutrofização de corpos d'água, desenvolvimento de verminoses e ter um custo mais elevado.



## Exercícios de vestibulares

---



1. A estratégia de obtenção de plantas transgênicas pela inserção de transgenes em cloroplastos, em substituição à metodologia clássica de inserção do transgene no núcleo da célula hospedeira, resultou no aumento quantitativo da produção de proteínas recombinantes com diversas finalidades biotecnológicas. O mesmo tipo de estratégia poderia ser utilizado para produzir proteínas recombinantes em células de organismos eucarióticos não fotossintetizantes, como as leveduras, que são usadas para produção comercial de várias proteínas recombinantes e que podem ser cultivadas em grandes fermentadores.

Considerando a estratégia metodológica descrita, qual organela celular poderia ser utilizada para inserção de transgenes em leveduras?

- a) Lisossomo.
  - b) Mitocôndria.
  - c) Peroxissomo.
  - d) Complexo golgiense.
  - e) Retículo endoplasmático.
2. Os ecossistemas degradados por intensa atividade agrícola apresentam geralmente, diminuição de sua estabilidade. Nesse contexto, o uso integrado de árvores aos sistemas agrícolas (sistemas agroflorestais) pode cumprir um papel inovador ao buscar a aceleração do processo sucessional e, ao mesmo tempo, uma produção escalonada e diversificada.

Disponível em: [saf.cnpqc.embrapa.br](http://saf.cnpqc.embrapa.br). Acesso em 21 jan. 2012 (adaptado)

Essa é uma estratégia de conciliação entre recuperação ambiental e produção agrícola, pois

- a) substitui gradativamente as espécies cultiváveis por espécies arbóreas.
- b) intensifica a fertilização do solo com o uso de técnicas apropriadas e biocidas.
- c) promove maior diversidade de vida no solo como aumento da matéria orgânica.
- d) favorece a dispersão das sementes cultivadas pela fauna residente nas áreas florestais.
- e) cria condições para o estabelecimento de espécies pioneiras com a diminuição da insolação sobre o solo.



3. “A mecanização na A tecnologia do DNA recombinante permitiu a criação do milho Bt, resistente ao ataque de determinados tipos de insetos. Considerando que foi introduzido um gene da bactéria *Bacillus thuringiensis*, que promove na planta a produção de uma proteína tóxica aos insetos, mas inofensiva aos mamíferos, é correto afirmar que o milho Bt é resultado de técnica de:
- a) clonagem gênica.
  - b) transgênese.
  - c) terapia gênica.
  - d) eletroforese.
  - e) cruzamento interespecífico.
4. O milho transgênico é produzido a partir da manipulação do milho original, com a transferência, para este, de um gene de interesse retirado de outro organismo de espécie diferente. A característica de interesse será manifestada em decorrência
- a) do incremento do DNA a partir da duplicação do gene transferido.
  - b) da transcrição do RNA transportador a partir do gene transferido.
  - c) da expressão de proteínas sintetizadas a partir do DNA não hibridizado.
  - d) da síntese de carboidratos a partir da ativação do DNA do milho original.
  - e) da tradução do RNA mensageiro sintetizado a partir do DNA recombinante.



5. Se, por um lado, o ser humano, como animal, é parte integrante da natureza e necessita dela para continuar sobrevivendo, por outro, como ser social, cada dia mais sofisticada os mecanismos de extrair da natureza recursos que, ao serem aproveitados, podem alterar de modo profundo a funcionalidade harmônica dos ambientes naturais.

ROSS, J. L. S. (Org.). Geografia do Brasil. São Paulo: EDUSP, 2005 (adaptado).

A relação entre a sociedade e a natureza vem sofrendo profundas mudanças em razão do conhecimento técnico. A partir da leitura do texto, identifique a possível consequência do avanço da técnica sobre o meio natural.

- a) sociedade aumentou o uso de insumos químicos – agrotóxicos e fertilizantes – e, assim, os riscos de contaminação.
  - b) O homem, a partir da evolução técnica, conseguiu explorar a natureza e difundir harmonia na vida social.
  - c) As degradações produzidas pela exploração dos recursos naturais são reversíveis, o que, de certa forma, possibilita a recriação da natureza.
  - d) O desenvolvimento técnico, dirigido para a recomposição de áreas degradadas, superou os efeitos negativos da degradação.
  - e) As mudanças provocadas pelas ações humanas sobre a natureza foram mínimas, uma vez que os recursos utilizados são de caráter renovável.
6. Considere que um agroecossistema, baseado em monocultura, será implantado próximo à zona de amortecimento de uma unidade de conservação. Com o objetivo de avaliar os impactos deste empreendimento sobre ambientes naturais próximos, devem ser monitorados prioritariamente a
- a) razão entre a área ocupada por monocultura e a ocupada por vegetação natural.
  - b) diversidade de espécies de vertebrados e arbóreas.
  - c) diversidade de espécies arbóreas e arbustivas.
  - d) produtividade primária líquida.
  - e) diversidade de espécies de insetos e herbáceas.

7. A agricultura orgânica, entre outros tipos de agrossistemas alternativos, caracteriza-se:
- I. pelo emprego de adubação natural com matéria orgânica.
  - II. pela restrição de qualquer tipo de agrotóxico ou fertilizante químico.
  - III. pela utilização de técnicas naturais de fertilização, como a minhocultura e a compostagem.
  - IV. pelo uso moderado da água, em técnicas previamente elaboradas, a exemplo do gotejamento.

Sobre as afirmações acima, é correto dizer que:

- a) Todas estão corretas
  - b) Apenas I e II estão corretas
  - c) Apenas III e IV estão corretas
  - d) Apenas I e III estão corretas
  - e) Todas estão incorretas
8. Quando um macho do besouro-da-cana localiza uma plantação de cana-de-açúcar, ele libera uma substância para que outros besouros também localizem essa plantação, o que causa sérios prejuízos ao agricultor. A substância liberada pelo besouro foi sintetizada em laboratório por um químico brasileiro. Com essa substância sintética, o agricultor pode fazer o feitiço virar contra o feiticeiro: usar a substância como isca e atrair os besouros para longe das plantações de cana.
- Assinale a opção que apresenta corretamente tanto a finalidade quanto a vantagem ambiental da utilização da substância sintética mencionada.
- a) Finalidade: eliminar os besouros; Vantagem: reduzir as espécies que se alimentam da cana-de-açúcar.
  - b) Finalidade: afastar os predadores da plantação; Vantagem: reduzir a necessidade de uso de agrotóxicos.
  - c) Finalidade: exterminar os besouros; Vantagem: eliminar o uso de agrotóxicos.
  - d) Finalidade: dispersar os besouros; Vantagem: evitar a incidência de novas pragas.
  - e) Finalidade: afastar os predadores da plantação; Vantagem: aumentar as resistências dos canaviais.

## Gabaritos

---

### Exercícios de vestibulares

1. **B**

Observe que, apesar do assunto referir-se aos transgênicos, a questão exige conhecimento a respeito da Biologia Celular. Para inserir genes e combiná-los com o material genético do portador, é necessário localizar na célula locais onde existe DNA. Em uma célula, pode ser encontrado material genético no núcleo, nas mitocôndrias e nos cloroplastos.

2. **C**

Sistemas agroflorestais aumentam a matéria orgânica do solo e, conseqüentemente, aumentam a diversidade da fauna associada à serrapilheira (folhiço), bem como aceleram a ciclagem de nutrientes.

3. **B**

A técnica empregada na produção do milho Bt é a transgenia. Nesse caso, o milho recebeu e incorporou gene da bactéria *Bacillus thuringensis*.

4. **E**

A expressão do DNA recombinante se dá através da tradução do RNA mensageiro sintetizado durante a transcrição, ou seja, é necessário que haja tradução da fita de RNA para que a característica se manifeste.

5. **A**

A utilização de certos compostos causa desequilíbrios e impactos no meio ambiente. A utilização de agrotóxicos e fertilizantes pode levar, por exemplo, à magnificação trófica e à eutrofização.

6. **E**

A zona de amortecimento é uma região próxima a unidades de conservação, para impedir os impactos de fora da unidade para o ecossistema da unidade. A presença de uma monocultura próxima poderia alterar a diversidade de fauna e flora, já que a plantação pode atrair novos animais ou pode acabar havendo a polinização e dispersão dos produtos agrícolas para a área da unidade de conservação.

7. **A**

A agricultura orgânica se caracteriza pela utilização de métodos mais naturais, sem utilização de compostos tóxicos ou industrialmente químicos.

8. **B**

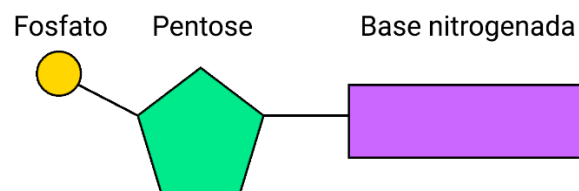
O agricultor não pretende matar os besouros, apenas afastá-los da plantação de cana. Com isso, ele reduz a utilização de compostos químicos para deixar sua plantação livre dos insetos.



## Ácidos nucleicos

### Teoria

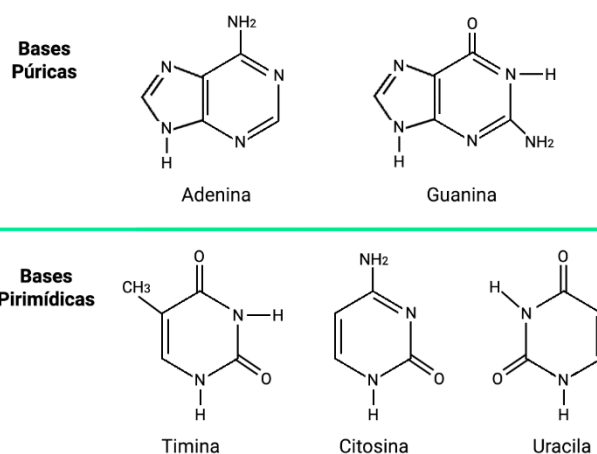
Ácidos nucleicos são macromoléculas orgânicas formadas por polímeros de nucleotídeos (polinucleotídeos). Em sua composição, os ácidos nucleicos possuem C, H, O, N, P. Os nucleotídeos são compostos de 3 partes: uma pentose (um monossacarídeo com cinco carbonos), um radical fosfato, derivado do ácido ortofosfórico, e uma base nitrogenada (a base nitrogenada muda conforme for DNA ou RNA).



Esquema simplificado de um ácido nucleico.

Entre os ácidos nucleicos, pode-se destacar o DNA (ácido desoxirribonucleico, que possui um  $-H-$ ) e o RNA (ácido ribonucleico – que possui uma hidroxila  $-OH-$ ). As bases nitrogenadas são cinco, e podem ser classificadas como púricas e pirimídicas.

- **Púricas:** adenina e guanina (são as maiores bases nitrogenadas, com dois anéis de carbono)
- **Pirimídicas:** citosina, timina e uracila (são as menores bases nitrogenadas, com apenas um anel de carbono)

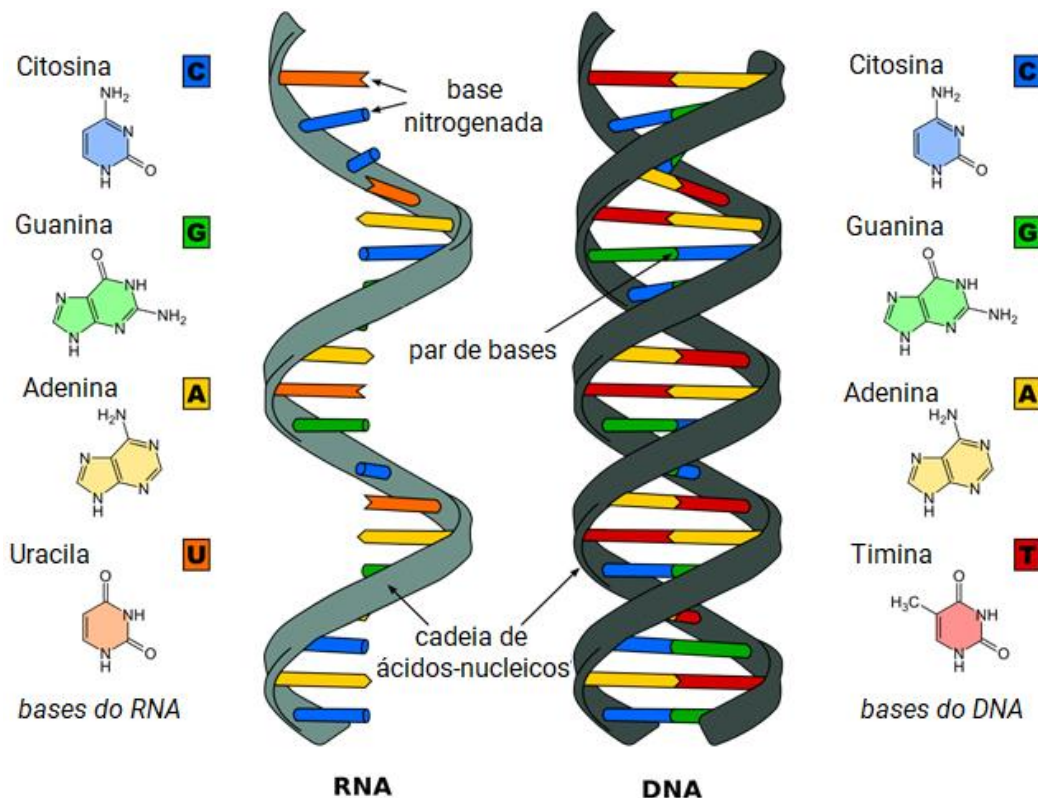


Bases nitrogenadas púricas e pirimídicas dos nucleotídeo

Ilustração por Rebeca Khouri

O pareamento das bases se dá da seguinte maneira: **Adenina – Timina, Adenina – Uracila, Citosina – Guanina**. É importante citar que a timina é uma base nitrogenada exclusiva do DNA, enquanto a uracila é uma base exclusiva do RNA.

Enquanto o DNA é uma molécula de fita dupla, o RNA é uma molécula de fita simples. A pentose que compõe o DNA é a desoxirribose, enquanto a pentose que compõe o RNA é a ribose. Todos os seres humanos possuem adenina, citosina, guanina e timina, o que muda (diferencia os seres) é a ordem dos nucleotídeos e sua quantidade.



Esquema mostrando as diferenças do RNA e do DNA.

## DNA

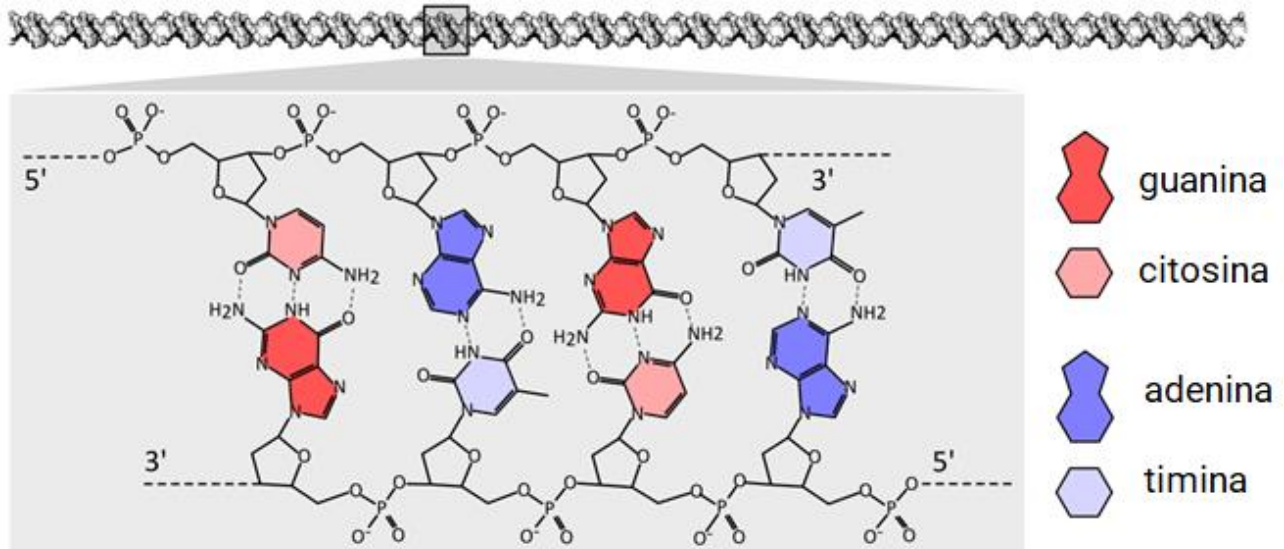
- Informação para execução de todas as atividades celulares;
- Encontrado no núcleo, na mitocôndria e nos cloroplastos (eucariontes)
- 2 fitas/cadeias de nucleotídeos = dupla hélice (se ligam através de pontes de hidrogênio);
- Duplicação semiconservativa (Primer: sinaliza a construção da nova fita, com a ajuda do DNA polimerase, que faz reações para que a construção aconteça.

vs.

## RNA

- Recebe ordens do DNA;
- Síntese proteica (utiliza as informações do DNA e as transforma em proteínas, que regulam o funcionamento celular);
- Encontra-se no núcleo, na mitocôndria, nos cloroplastos e citoplasma (associado a cromossomos);
- Possui uma fita/cadeia de nucleotídeos.

Os nucleotídeos que formam as fitas são unidos uns aos outros por ligações denominadas fosfodiéster (grupo fosfato ligando dois açúcares de dois nucleotídeos). Nessas ligações, um grupo fosfato conecta o carbono 3' de um açúcar ao carbono 5' do próximo açúcar.



Esquema das ligações presentes na molécula de DNA, destacando as bases nitrogenadas e o sentido em que se encontram os carbonos 3' e 5' em cada fita.

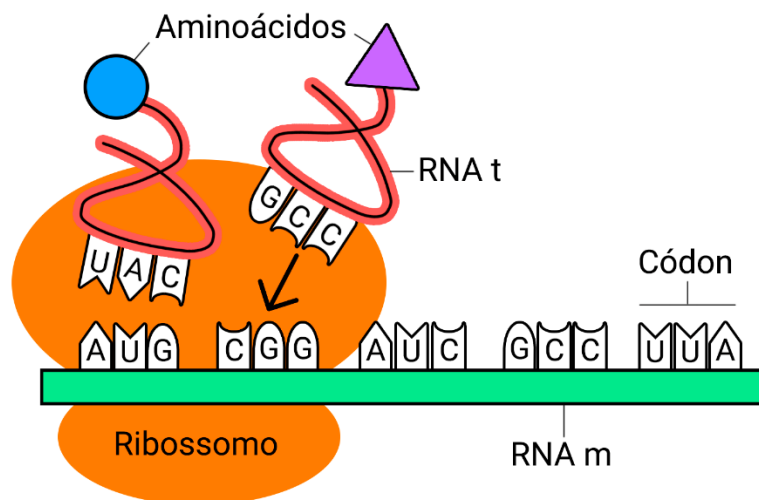
As duas cadeias de polinucleotídeos do DNA formam uma dupla-hélice. As cadeias principais estão localizadas na porção externa da hélice; já no interior, são observadas as bases nitrogenadas, que estão unidas por ligações de hidrogênio. As cadeias principais apresentam as direções 5' → 3' opostas, ou seja, uma cadeia está no sentido 5' → 3', e a outra, no sentido 3' → 5'. Em razão dessa característica, dizemos que as fitas são antiparalelas.

Os seres vivos armazenam sua informação genética no DNA. Para garantir a hereditariedade, sem perda de carga genética, o DNA deve ser capaz de se autoduplicar. Para se expressar, ele precisa ser transcrito em RNA, e esse RNA será traduzido em proteína, na síntese proteica. Os processos então são conhecidos como autoduplicação (replicação), transcrição e tradução.

O RNA pode ser dividido em:

- RNA mensageiro, que leva a mensagem do núcleo (códon) para sintetizar proteína.
  - utiliza o DNA como molde
  - “copia” informações do DNA e as leva para o citoplasma
- RNA ribossomal, que irá formar os ribossomos.
  - formação estrutural dos ribossomos
  - formado no núcleo e vai para o citoplasma
  - interação/orientação para a tradução

- RNA transportador, que transportará anticódons com os aminoácidos para a proteína que será formada.
  - é em formato de trevo (fita que se dobra, graças às pontes de hidrogênio)
  - interação ocorre no ribossomo
  - sequência de anticódon interage com o RNAm
  - presente no citoplasma
- RNA ribozimas: aceleram a velocidade da reações.



Esquema de como ocorre a tradução a partir da leitura de uma fita de RNA mensageiro (RNAm).

Normalmente, o RNA não é capaz de se replicar, mas os retrovírus de RNA são capazes de fazer uma transcrição reversa, transcrevendo um DNA a partir do RNA, usando uma enzima conhecida como transcriptase reversa, enquanto outros vírus de RNA são capazes de replicar seu RNA através da enzima RNA replicase.

Clique [aqui](#) para visualizar o ppt utilizado em aula pelo professor.

## Exercícios

---



1. (UFSM 2010) Milhares de anos após o último mamute lanoso caminhar sobre a tundra, os cientistas conseguiram sequenciar 50% do genoma desse animal extinto, recuperando boa parte do seu material genético.



*Scientific American Brasil, ed. especial, 2009.*

Sobre o DNA, é possível afirmar:

1. Na molécula do DNA, são encontradas as quatro bases nitrogenadas: adenina, guanina, citosina e timina.
2. A ligação entre as bases complementares da dupla fita do DNA é feita através de pontes de hidrogênio.
3. Se, no filamento de DNA, houver a sequência TTTCCATGT, haverá, no seu filamento complementar, a sequência AAAGGUACA.

Está(ão) correta(s)

- a) apenas 1.
- b) apenas 1 e 2.
- c) apenas 2.
- d) Apenas 1 e 3.
- e) apenas 2 e 3.

2. (PUS-SP) De outro lado, o galardão de química ficou com os inventores de ferramentas para estudar proteínas, os verdadeiros atores do drama molecular da vida.

É verdade que a Fundação Nobel ainda fala no DNA como o diretor da cena a comandar a ação das proteínas, mas talvez não seja pretensioso supor que foi um lapso, e que o sinal emitido por essas premiações aponta o verdadeiro futuro das pesquisas biológicas e médicas muito além do genoma e de seu sequenciamento (uma simples soletração). (...)

LEITE, Marcelo. De volta ao sequenciamento. Folha de S. Paulo- 20 out. 2002.

O autor refere-se às proteínas como “atores do drama molecular” e ao DNA como “diretor de cena”. Essa referência deve-se ao fato de:

- a) não ocorrer uma correlação funcional entre DNA e proteínas no meio celular.
  - b) o DNA controlar a produção de proteínas e também atuar como catalisador de reações químicas celulares.
  - c) o material genético ser constituído por proteínas.
  - d) as proteínas não terem controle sobre o metabolismo celular.
  - e) o DNA controlar a produção de proteínas e estas controlarem a atividade celular.
3. (UDESC 2011) Assinale a alternativa correta quanto aos ácidos nucleicos.
- a) A duplicação do DNA é conservativa, pois as moléculas filhas são formadas por dois filamentos antigos provenientes do DNA original.
  - b) Na classificação do ácido nucleico DNA são encontradas as bases nitrogenadas: citosina, adenina, guanina e uracila.
  - c) Os ácidos nucleicos são formadores dos genes pela sequência de várias unidades de nucleotídeos.
  - d) Na classificação do ácido nucleico RNA são encontradas as bases nitrogenadas: citosina, adenina, guanina e timina.
  - e) O DNA comanda as características de um organismo, por meio da tradução que ocorre no núcleo e da transcrição que ocorre nos ribossomos situados no citoplasma da célula.
4. (UFRJ 2005) A soma das porcentagens de guanina e citosina em uma certa molécula de ADN é igual a 58% do total de bases presentes.
- a) Indique as porcentagens das quatro bases, adenina (A), citosina (C), guanina (G) e timina (T), nessa molécula.
  - b) Explique por que é impossível prever a proporção de citosina presente no ARN mensageiro codificado por esse trecho de ADN.



5. (UERJ 2010) Em uma pesquisa, cientistas extraíram amostras de DNA de três espécies diferentes e determinaram suas relações, apresentadas na tabela abaixo.

Amostra	$\frac{(G + C)}{(A + T)}$
1	0,82
2	1,05
3	1,21

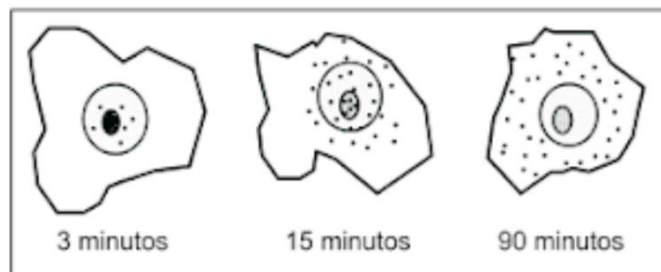
Em seguida, aqueceram-se as amostras e mediu-se a temperatura de desnaturação de cada uma delas. Sabe-se que, na temperatura de desnaturação, todas as pontes de hidrogênio entre as bases nitrogenadas estão rompidas. Identifique a amostra com maior temperatura de desnaturação. Justifique sua resposta.

6. (UFRJ 2011) A sequência de DNA de um gene dos procariotos pode ser deduzida a partir da sequência de seu RNA mensageiro (RNAm). Já no caso dos eucariotos, frequentemente essa técnica não é adequada para determinar a sequência completa dos nucleotídeos do gene.

Explique por que, no caso dos eucariotos, nem sempre é possível obter a sequência de um gene a partir do mRNA.

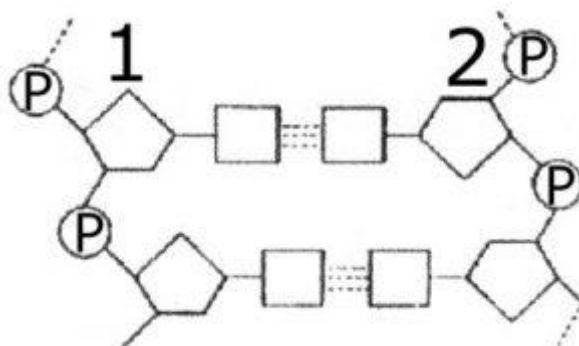


7. (UERJ 1999) Em células eucariotas mantidas em cultura, adicionou-se o nucleosídeo uridina marcado radioativamente com H3 ao meio de cultura. Após algum tempo, as células foram transferidas para um novo meio que não continha o isótopo. Amostras destas células foram retiradas 3, 15 e 90 minutos após a transferência, sendo, então, colocadas em lâmina de vidro, fixadas e submetidas a autoradiografia. Esse processo marca a posição aproximada do isótopo dentro da célula, como representado no esquema abaixo.



- Cite o tipo de molécula à qual a uridina se incorporou. Justifique sua resposta.
- Nomeie o compartimento celular que seria marcado, se o nucleosídeo radioativo usado fosse a timidina e justifique sua resposta.

8. Se os nucleotídeos do filamento I, do esquema a seguir, têm uma base púrica e os do filamento II tanto podem ser encontrados no RNA como no DNA, podemos afirmar que as bases nitrogenadas do filamento II podem ser:



- a) citosina e citosina.
- b) guanina e guanina.
- c) duas timinas ou duas citosinas.
- d) duas adeninas ou duas guaninas.
- e) impossível determinar.



**Gabarito**

---

1. **B**

Somente a afirmativa III está errada, devido ao fato de a molécula de DNA não possuir a uracila como base nitrogenada.

2. **E**

Através do processo de transcrição, o DNA é transformado em RNA, que pode ser traduzido em proteínas que irão comandar a atividade celular.

3. **C**

Os ácidos nucleicos são formados por uma sequência de nucleotídeos, e são exemplos os genes, que são sequências de DNA.

4.

a) Se a quantidade de citosina e guanina somadas corresponde a 58%, cada uma, individualmente, será metade desse valor:  $58/2 = 29$ ; logo, 29% de citosina e 29% de guanina. O total de adenina e timina será a porcentagem restante ( $100\% - 58\% = 42\%$ ), e a porcentagem de cada uma, individualmente, será também metade desse valor:  $42/2 = 21$ ; logo, 21% de adenina e 21% de timina.

b) A proporção das bases nitrogenadas em uma molécula de DNA é fácil de ser identificada, pois observamos duas cadeias complementares. No caso de uma molécula de RNA, não é possível saber essa proporção, pois temos uma fita simples.

5.

Em uma fração, quando o numerador (número que está sendo dividido, no caso G+C) é maior do que o denominador (número pelo qual dividimos, no caso A+T), o resultado é positivo. Então, a amostra 1 tem maior quantidade de A+T, a amostra 2 possui quantidade aproximada de G+C e A+T, e a amostra 3 possui maior quantidade de G+C. Como há três ligações entre G e C, essas moléculas dependem de maior energia para quebrá-las, sendo então a amostra 3 a que necessita de maior temperatura para desnaturação.

6.

Nos eucariotos, logo após a transcrição, ocorre um processo denominado splicing do RNA, que consiste na eliminação das sequências não codificantes (íntrons) e na junção das extremidades remanescentes (éxons) que comporão o RNAm. A dedução da sequência do gene não é possível, porque o caminho inverso produzirá informação incompleta, isto é, sem as sequências dos íntrons.

7.

a) A molécula em que a uridina se incorporou foi uma fita de RNA, pois ela é um nucleosídeo que formará o nucleotídeo Uracila.

b) A timidina forma o nucleotídeo Timina, exclusivo da molécula de DNA; logo, o compartimento marcado seria o núcleo, já que é lá que fica o material genético.

8. **E**

1 apresenta uma base púrica que faz três ligações de hidrogênio, ou seja, é uma guanina. Na fita 2, então, temos a base que se liga a essa da fita um, ou seja, a citosina.

## Evolução das estruturas celulares

### Teoria

As diferentes células e suas estruturas, assim como os seres vivos, também sofrem processos evolutivos, o que fez com que elas tivessem diversas formas, desde quando surgiram na Terra, há 3,5 milhões de anos, até serem as estruturas que conhecemos atualmente. De acordo com as teorias da origem da vida, a primeira célula a surgir teria sido uma célula procarionte, sem núcleo ou organelas, e ao longo da evolução da vida, diferentes estruturas e processos ocorreram para formação dos diferentes tipos de células eucariontes.

Todas as células, procariontes ou eucariontes, apresentam uma membrana celular, formada principalmente por uma bicamada fosfolipídica, podendo ter proteínas e outras estruturas associadas a ela. Já a célula eucarionte apresenta uma maior especialização: além da membrana celular e organelas não membranosas, como o ribossomo, possui organelas membranosas, carioteca, uma ampla diversidade de proteínas citoplasmáticas e até mesmo estruturas capazes de produzir nutrientes e energia (cloroplastos e mitocôndrias).

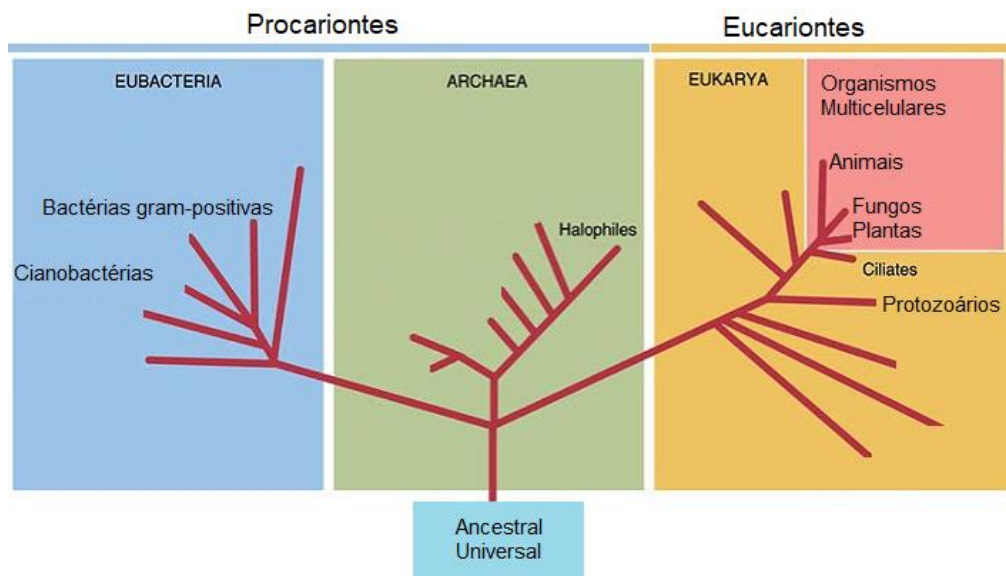


Imagem representando a evolução das células

Existem duas principais hipóteses para essa diferenciação celular:

- **Hipótese Autogênica:** invaginações da membrana formaram as estruturas internas da célula (carioteca e organelas), e a mitocôndria e cloroplasto teriam sido formados após parte do material genético principal ter se "soltado" e ter sido incorporado por essas duas organelas. Isso explicaria a continuidade e composição igual das membranas celulares, internas e externas. Porém, as mitocôndrias e cloroplastos apresentam muitas características semelhantes a procariontes, o que leva à próxima hipótese.

- **Hipótese endossimbiótica:** mitocôndrias e cloroplastos seriam organismos procariontes independentes que, em algum momento, teriam sido fagocitados por um organismo eucarionte e passaram a viver em mutualismo, com a vantagem de energia e nutrientes para célula hospedeira, e vantagem de oxigênio e proteção para os seres procariontes. Um ponto contrário a essa teoria é que ela não explica como teriam sido formadas as outras organelas e estruturas eucariontes.

Atualmente a maioria dos pesquisadores considera as duas hipóteses corretas, sendo que a primeira explicaria o surgimento da carioteca e outras organelas membranosas, enquanto a segunda explicaria a origem da mitocôndria e cloroplasto.

## Membrana celular

A membrana celular teria surgido de moléculas simples que se uniram, porém deixando um espaço no interior. Existem diversas hipóteses acerca de quais moléculas teriam sido essas: se desde sempre foram moléculas lipídicas, ou se eram alcoóis simples, ou mesmo se eram formadas por sais minerais. Apesar disso, estudos mais recentes mostram que provavelmente a membrana sempre teve uma composição fosfolipídica, podendo apresentar dois tipos de fosfolipídios: G1P, presente em archeobactérias, e G3P, presente em bactérias e eucariontes.

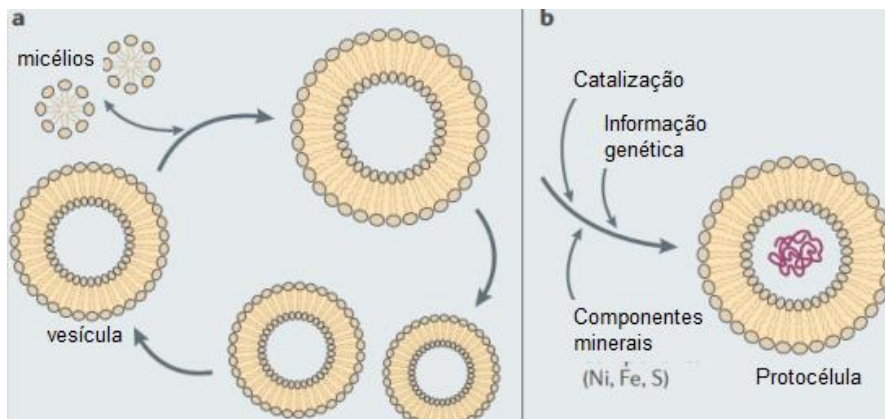


Imagem representando a membrana celular e sua formação

## Citoplasma e citoesqueleto

Em todas as células, o citoplasma possui água, proteínas, sais minerais, aminoácidos e açúcares. O citoesqueleto é formado principalmente por microfilamentos de actina, filamentos intermediários e microtúbulos. Por muito tempo achava-se que os eucariontes eram os únicos com citoesqueleto, mas estudos recentes mostraram que procariontes também apresentam estruturas homólogas (com mesma origem) compondo um citoesqueleto. O citoesqueleto de procarionte é bastante dinâmico, porém as diferentes linhagens de bactérias apresentam diferentes funções a esses citoesqueletos. Ainda são necessários mais estudos para entender as relações evolutivas e funcionais das estruturas proteicas presentes em procariontes.

## Núcleo

A carioteca é também conhecida como membrana nuclear, e está presente apenas nos eucariontes, delimitando o espaço do núcleo e circulando o material genético. Atualmente, sabemos que a membrana nuclear é sintetizada pelo retículo endoplasmático durante a divisão celular para formar a carioteca das células filhas. Seguindo a hipótese autogênica, essa carioteca, inicialmente, eram apenas invaginações da membrana plasmática, que desenvolveram endomembranas, e uma destas, ao envolver o núcleo, formou a carioteca.

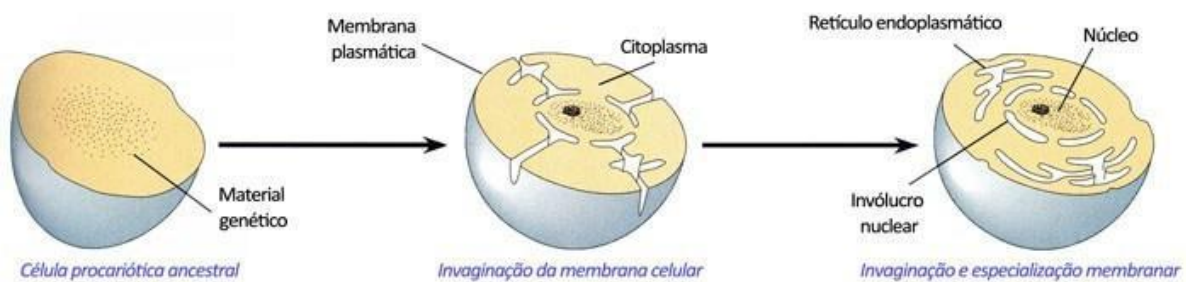


Imagem representando o núcleo e alguns componentes celulares

Porém ainda existem outras quatro hipóteses sobre o aparecimento do núcleo:

1. O **modelo sintrófico** diz que o núcleo foi de uma archeobactéria que foi fagocitada e passou a viver em endossimbiose, e após um tempo sua membrana sofreu modificações; isso seria corroborado pelos tipos de proteínas (histonas) presentes tanto em eucariontes quanto em archeobactérias.
2. Existe um grupo de bactérias cujo citoplasma apresenta divisões por invaginações da membrana celular. Esse grupo, conhecido como **planctomicetes** dividiriam um ancestral em comum com as células semelhantes que se desenvolveram em eucariontes, sendo essas invaginações da membrana as primeiras a formarem o núcleo celular.
3. O núcleo teria sido formado em um momento de **infecção viral**, e acabou assimilando o material genético do vírus e formando a carioteca, também pela invaginação da membrana. Isso seria corroborado pelas similaridades entre o DNA eucarioto e viral, além das enzimas DNA polimerase.
4. A **hipótese da exomembrana** diz que surgiu uma nova membrana acima da membrana celular original da célula, essa membrana nova se tornando a membrana celular, e a membrana antiga se diferenciando em carioteca.

Essas quatro teorias apresentam diversos pontos a favor e contra, porém ainda não se tem nenhuma conclusão científica acerca delas.

## Material genético

O material genético, o DNA, dos procariontes é circular, e se localiza na região nucleóide, e pode apresentar fragmentos soltos chamados plasmídeos. Já o DNA dos eucariontes se apresenta de forma linear, formando as cromatinas (também chamadas de cromossomos em seu estado de condensação). A forma linear e de fita dupla que o DNA apresenta dá maior estabilidade e facilidade de emparelhamento de enzimas (para os processos de autoduplicação e transcrição), além de facilitar a divisão celular e aumentar a capacidade de manter o número de cromossomos nas células. Essa forma linear teria surgido, de acordo com a hipótese do pesquisador **Koosin**, pela invasão de uma archeobactéria, que apresentava íntrons catalíticos (pequenas sequências de RNA com função enzimática – ribozima). Esses íntrons teriam cortado o DNA circular em pontos específicos, e outras proteínas e enzimas disponíveis na célula teriam formado estruturas que se desenvolveram para os telômeros nas extremidades do DNA, mantendo sua estrutura linear.

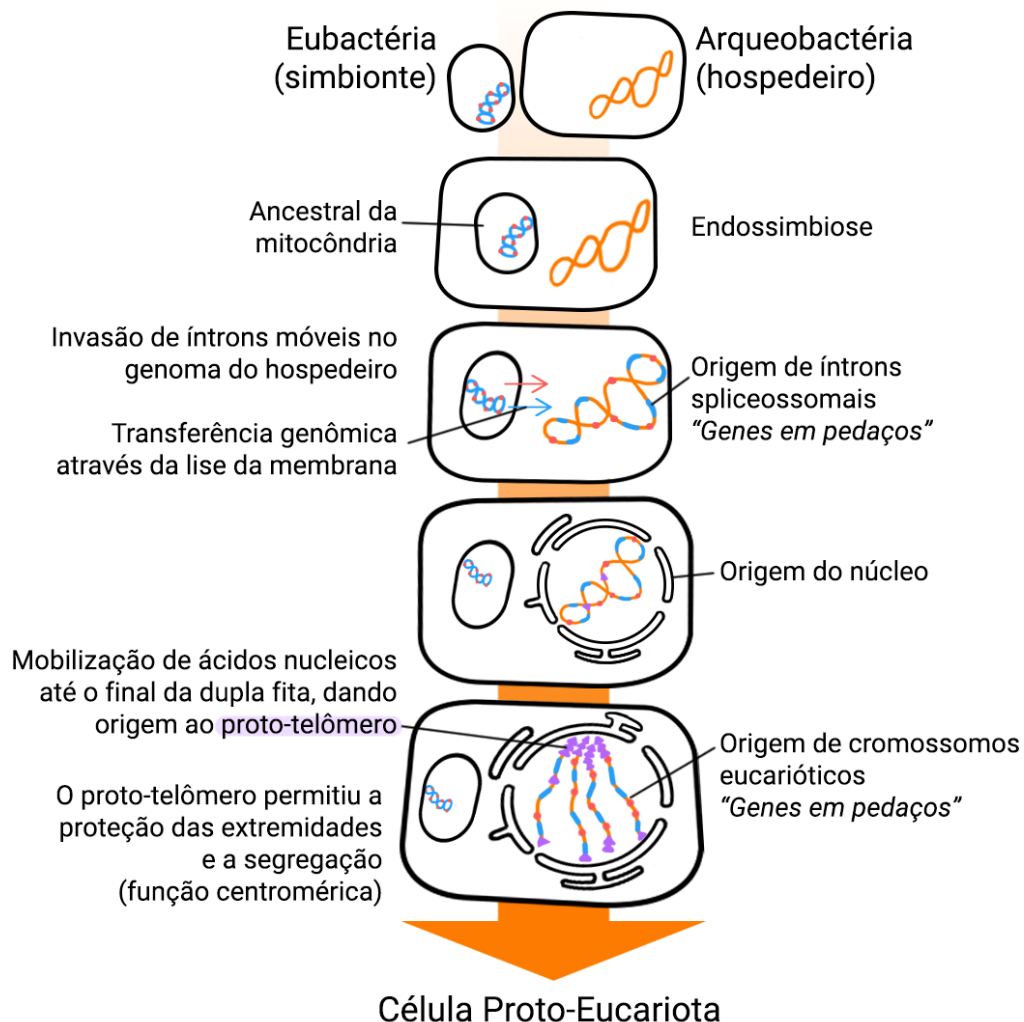
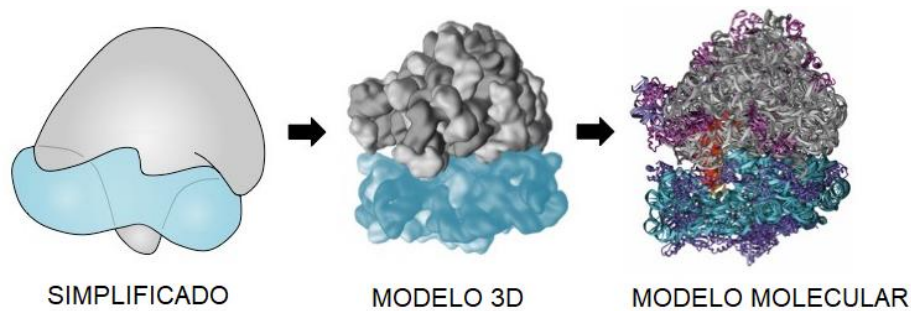


Ilustração por Rebeca Khouri

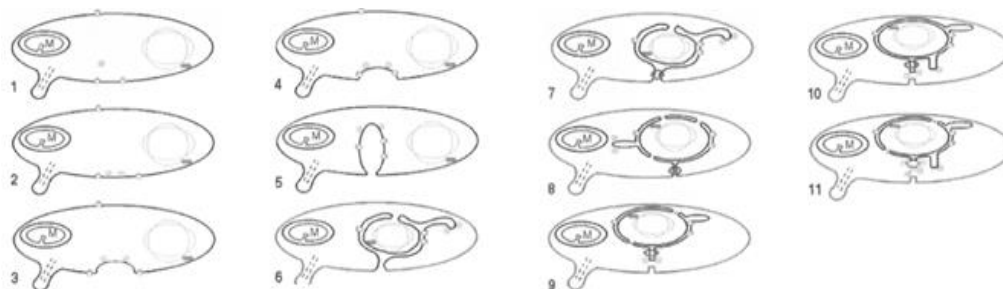
## Ribossomos

Os ribossomos estão presentes em todos os tipos de célula, apenas com uma variação de tamanho, sendo 70s em procariontes e 80s em eucariontes. Eles são estruturas formadas por RNA ribossomal, e em todos os organismos é possível ver uma estrutura principal única, apenas com camadas e estruturas distintas adicionadas a esse “núcleo”.



## Organelas

A teoria mais aceita é a de que as organelas membranosas teriam surgido pelo pressuposto da hipótese autogênica. No caso do **retículo endoplasmático**, ele teria sido uma evaginação da carioteca, levando em conta que ele apresenta uma grande participação na formação desta, no momento da divisão celular. O **complexo de Golgi** teria surgido a partir de invaginações da membrana celular externa, e após ser internalizado, desenvolveu o sistemas de vesículas para armazenamento.



1-7: Invaginação da membrana para formação do núcleo. 8-10: Projeções da carioteca para formação do retículo endoplasmático.  
10-11: Início da formação do complexo de Golgi

Não há uma teoria única para o aparecimento dos **peroxissomos**, mas elas podem ser resumidas em: origem por endossimbiose de procarionte ou de um fragmento de procarionte, origem por invaginação da membrana celular ou origem por evaginação do retículo. Para os **vacúolos**, a teoria mais aceita é de que foram formados a partir de expansões do retículo endoplasmático; a discussão gira mais em torno de seu surgimento como um único grande vacúolo ou vários pequenos vacúolos que se fundiram, formando um único.



## Mitocôndria e cloroplasto

Essas duas organelas são resultado de endossimbiose. Nesse caso, anteriormente elas eram bactéria (procarionte heterotrófico) e cianobactéria (procarioto fotossintetizante), respectivamente, que foram fagocitadas, porém não foram digeridas. Ao viver dentro das células hospedeiras, passaram a conferir vantagens a estas, enquanto as células davam-lhe proteção. Conforme o tempo passou, tanto essas células fagocitárias quanto esses procariotos que viviam dentro delas passaram a ter uma interdependência tamanha, que não puderam mais viver separadamente. Nessa última fase, elas não são mais consideradas procariotos (ou seja, bactéria e cianobactéria), e sim organelas. Elas funcionam em vias opostas. Enquanto a mitocôndria realiza a quebra da molécula de glicose, através da respiração celular, para que haja o fornecimento de energia para a célula, o cloroplasto forma a molécula de glicose, através da fotossíntese.

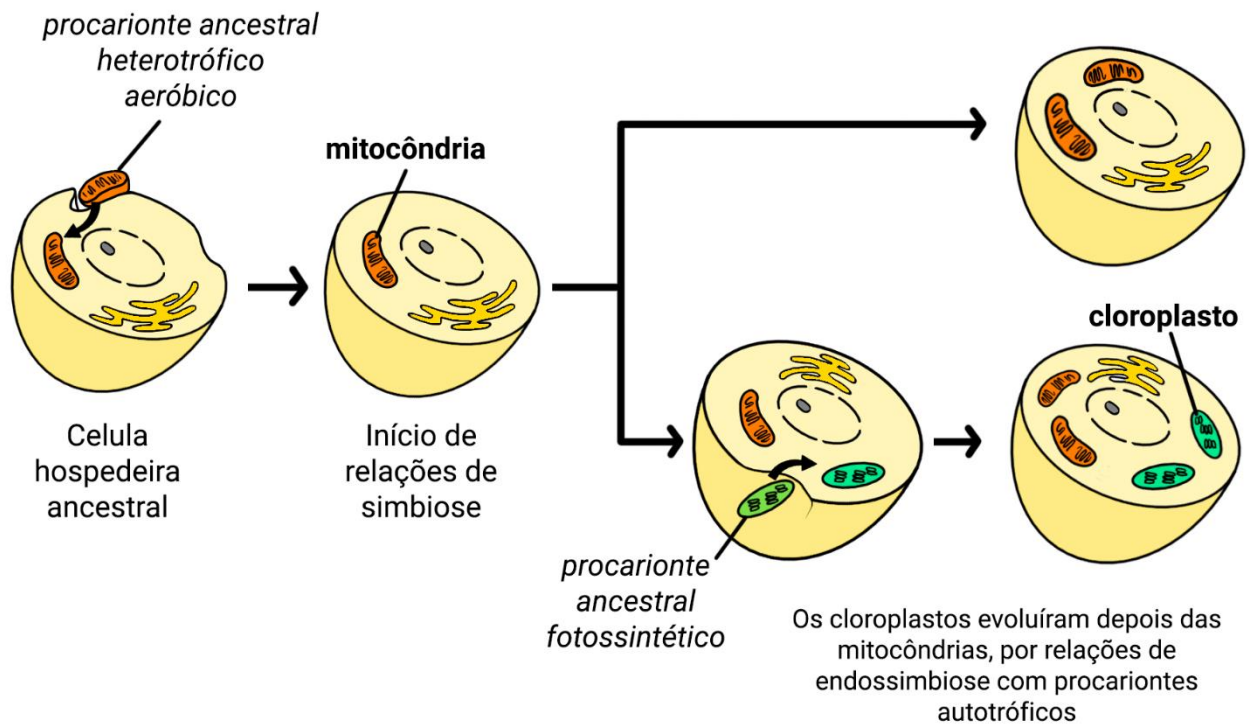


Ilustração por Rebeca Khouri

## Centríolos

Os únicos eucariontes que não possuem centríolos são as fanerógamas, os vegetais superiores (gimnospermas e angiospermas). Essa estrutura também está ausente em organismos procariontes, indicando que o aparecimento das proteínas que compõem o centríolo tenha aparecido no ancestral comum a todos os eucariontes, e não nos procariontes. Como eles são capazes de se automontar a partir de proteínas disponíveis, um único proto-centríolo teria sido necessário para que a estrutura com a forma que conhecemos atualmente tenha sido formada.

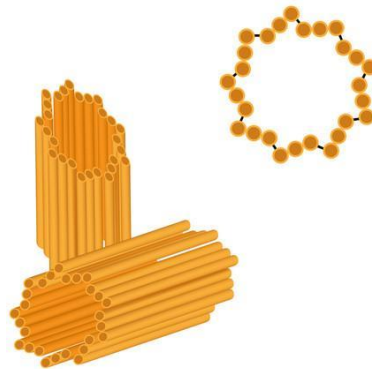


Imagem representando o centríolo

## Cílios e flagelos

Os cílios e flagelos em eucariontes apresentam todos uma mesma origem ancestral, sendo formados por projeções de estruturas do citoplasma pela membrana. Já nos procariontes, essas estruturas são formadas pela adição em sequência de proteínas, como a flagelina para formação de flagelos. É importante destacar que a flagelina de eubactéria e de archeobactéria são constituídas de maneiras diferentes, o que indica que provavelmente essas estruturas não vieram de um mesmo ancestral comum entre esses dois procariontes.

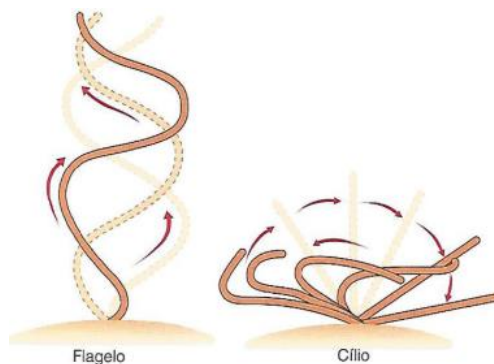


Imagem representando os cílios e flagelos.

Clique [aqui](#) para visualizar o PPT utilizado em aula pelo professor.



## Exercícios

---



1. Qual das afirmações abaixo não está de acordo com os pressupostos da Teoria Celular, baseada nos estudos de Schleiden (1838) e de Schwann (1839)?
  - a) Os seres vivos, animais, vegetais ou protozoários, são compostos sem exceção por células ou produtos celulares.
  - b) Cada célula se forma por divisão de outra célula.
  - c) O funcionamento de um organismo como um todo não depende do resultado do funcionamento das unidades celulares, exceto os vírus.
  - d) O funcionamento de um organismo como uma unidade é o resultado da soma das atividades e interações das unidades celulares
  - e) Todos os organismos, exceto os vírus, são formados por células.
  
2. A teoria endossimbiótica sugere que algumas organelas são descendentes de organismos procariontes que foram fagocitados por outras células e passaram a viver em simbiose. De acordo com essa teoria, além das mitocôndrias, que outra organela surgiu desse modo na célula eucariótica?
  - a) ribossomo.
  - b) núcleo.
  - c) peroxissomo.
  - d) vacúolo.
  - e) cloroplasto.
  
3. Ao Companheira viajante  
Suavemente revelada? Bem no interior de nossas células, uma clandestina e estranha alma existe. Silenciosamente, ela trama e aparece cumprindo seus afazeres domésticos cotidianos, descobrindo seu nicho especial em nossa fogosa cozinha metabólica, mantendo entropia em apuros, em ciclos variáveis noturnos e diurnos. Contudo, raramente ela nos acende, apesar de sua fornalha consumi-la. Sua origem? Microbiana, supomos. Julga-se adaptada às células eucariontes, considerando-se como escrava – uma serva a serviço de nossa verdadeira evolução.

McMurray, W. C. The traveler. Trends in Biochemical Sciences, 1994 (adaptado).

A organela celular descrita de forma poética no texto é o(a)
  - a) centríolo.
  - b) lisossomo.
  - c) mitocôndria.
  - d) complexo golgiense.
  - e) retículo endoplasmático liso.



4. A teoria endossimbiótica é a mais aceita para explicar a origem dos cloroplastos, uma organela relacionada com a fotossíntese. Segundo essa teoria, os cloroplastos são ancestrais de:
- a) procariontes heterotróficos que foram capturados por um organismo multicelular.
  - b) eucariontes heterotróficos que foram capturados por outra célula.
  - c) procariontes autotróficos que foram capturados por um organismo multicelular.
  - d) procariontes autotróficos que foram capturados por outra célula.
  - e) eucariontes autotróficos que foram capturados por outra célula.

5. Durante o processo evolutivo, algumas organelas de células eucariotas se formaram por endossimbiose com procariotos. Tais organelas mantiveram o mesmo mecanismo de síntese proteica encontrado nesses procariotos.

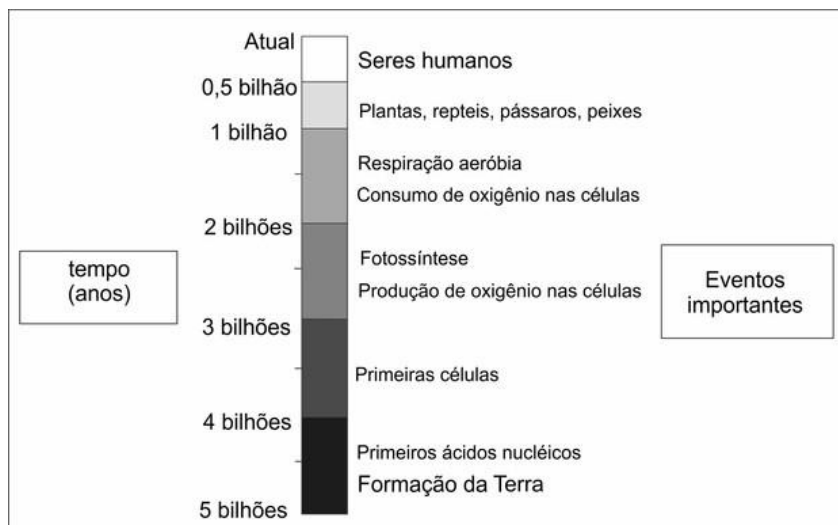
Considere as seguintes organelas celulares, existentes em eucariotos:

- 1. Mitocôndrias
- 2. Aparelho golgiense
- 3. Lisossomas
- 4. Cloroplastos
- 5. Vesículas secretoras
- 6. Peroxissomas

Nas células das plantas, as organelas que apresentam o mecanismo de síntese proteica igual ao dos procariotos correspondem às de números:

- a) 1 e 4
  - b) 2 e 3
  - c) 3 e 6
  - d) 4 e 5
  - e) 1 e 6
6. Teorias a respeito da evolução celular indicam que as primeiras células surgiram em um ambiente inóspito, pobre em oxigênio, conhecido como sopa pré-biótica, onde ocorria síntese espontânea de biomoléculas complexas. Considerando a baixa complexidade das primeiras células, é correto afirmar que elas caracterizavam-se como:
- a) Procariontes autotróficas, por serem capazes de produzir seu próprio alimento.
  - b) Eucariontes heterotróficas, por se alimentarem de compostos orgânicos do meio.
  - c) Eucariontes autotróficas, por conseguirem energia do Sol por meio da fotossíntese.
  - d) Procariontes heterotróficas, por se alimentarem de compostos orgânicos do meio.
  - e) Procariontes heterotróficas, por se alimentarem de outros organismos.

7. Na solução aquosa das substâncias orgânicas prebióticas (antes da vida), a catálise produziu a síntese de moléculas complexas de toda classe, inclusive proteínas e ácidos nucleicos. A natureza dos catalisadores primitivos que agiam antes não é conhecida. É quase certo que as argilas desempenharam papel importante: cadeias de aminoácidos podem ser produzidas no tubo de ensaio mediante a presença de certos tipos de argila. (...) Mas o avanço verdadeiramente criativo que pode, na realidade, ter ocorrido apenas uma vez ocorreu quando uma molécula de ácido nucleico aprendeu a orientar a reunião de uma proteína, que, por sua vez, ajudou a copiar o próprio ácido nucleico. Em outros termos, um ácido nucleico serviu como modelo para a reunião de uma enzima que poderia então auxiliar na produção de mais ácido nucleico. Com este desenvolvimento apareceu o primeiro mecanismo potente de realização. A vida tinha começado.

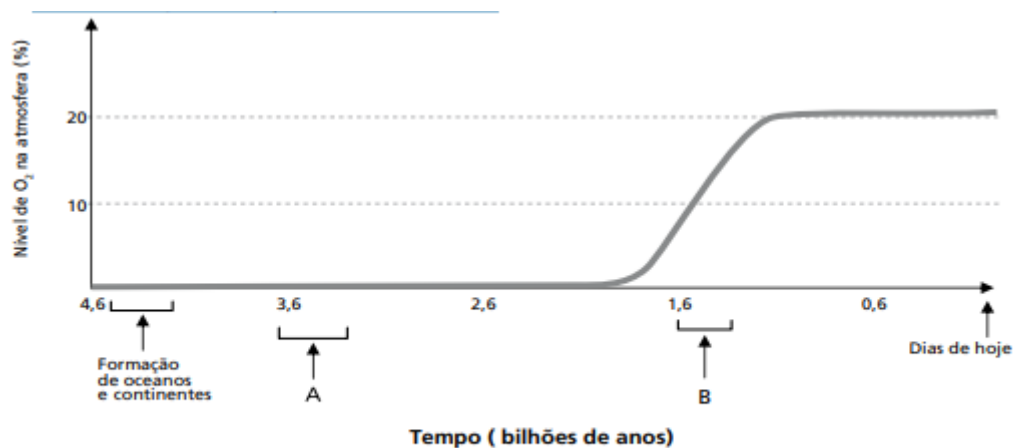


Adaptado de: LURIA, S.E. Vida: experiência inacabada. Belo Horizonte: Editora Itatiaia; São Paulo: EDUSP, 1979.

O "avanço verdadeiramente criativo" citado no texto deve ter ocorrido no período (em bilhões de anos) compreendido aproximadamente entre

- a) 5,0 e 4,5.
  - b) 4,5 e 3,5.
  - c) 3,5 e 2,0.
  - d) 2,0 e 1,5.
  - e) 1,0 e 0,5.
8. Uma das hipóteses mais aceitas para explicar a origem das mitocôndrias sugere que estas organelas se originaram de bactérias aeróbicas primitivas, que estabeleceram uma relação de simbiose com uma célula eucarionte anaeróbica primitiva.
- a) Dê uma característica comum a bactérias e mitocôndrias que apóie a hipótese acima.
  - b) Qual seria a vantagem dessa simbiose para a bactéria? E para a célula hospedeira?
  - c) Que outra organela é considerada também de origem simbiótica?

9. A hipótese sobre a origem das células eucarióticas com maior número de adeptos é a hipótese da endossimbiose sequencial proposta pela bioquímica Lynn Margulis. De acordo com essa hipótese, podemos dizer que as células dos animais têm dois genomas e as das plantas têm três; nos dois casos, os genomas funcionam de forma integrada. Identifique em quais organelas das células dos animais e das plantas estão localizados esses genomas.
10. Analise o gráfico abaixo, no qual é mostrada a variação do nível de oxigênio na atmosfera terrestre em função do tempo em bilhões de anos.



(Figura adaptada de Alberts, B. et al. *Molecular Biology of the Cell*. 4ª ed., New York: Garland Publ. Inc., 2002, p. 825.)

- Em que período (A ou B) devem ter surgido os primeiros organismos eucariotos capazes de fazer respiração aeróbica? E os primeiros organismos fotossintetizantes? Justifique sua resposta.
- Qual organela foi imprescindível para o aquecimento dos organismos eucariotos aeróbicos? E para os organismos eucariotos fotossintetizantes?
- Explique a teoria cientificamente mais aceita sobre a origem dessas organelas. Dê uma característica comum a essas organelas que apoie a teoria.

## Gabaritos

---

1. **C**

O funcionamento de um organismo depende da ação das células, uma vez que elas são as unidades funcionais e estruturais dos seres vivos.

2. **E**

Muitos pesquisadores acreditam que o cloroplasto, assim como as mitocôndrias, surgiu graças a uma associação simbiótica.

3. **C**

A mitocôndria possui material genético próprio, o qual fornece ATP para a célula eucarionte, participando do seu metabolismo.

4. **D**

Segundo a teoria endossimbiótica, os cloroplastos são descendentes de organismos procariontes autotróficos, que foram fagocitados por outra célula, provavelmente, uma espécie heterotrófica.

5. **A**

Os cloroplastos e mitocôndrias possuem material genético diferente das células eucariontes, estando mais próximos das células procariontes, o que vai ao encontro da teoria da endossimbiose.

6. **D**

De acordo com a teoria de Oparin, as primeiras células existentes eram heterotróficas, pois não havia luz na atmosfera primitiva para a realização da fotossíntese.

7. **B**

Após o surgimento do primeiro ácido nucleico, gerou-se capacidade de autoduplicação e reprodução, dando origem à vida. Já em 3,5 bilhões de anos, o surgimento das primeiras células originou os ancestrais dos organismos que compõem todos os domínios existentes.

8.

- a) A capacidade de se autoduplicar, ribossomos 70s, DNA circular, cadeia respiratória ocorrendo na membrana interna.
- b) A bactéria ganha abrigo e proteção, além de nutrientes, enquanto a célula hospedeira ganha energia.
- c) A outra organela é o cloroplasto.

9. Nas células animais, observamos o genoma no núcleo celular (carioteca) e outro nas mitocôndrias. Já nos vegetais, vemos três genomas, um no núcleo, outro nas mitocôndrias e, por fim, nos cloroplastos.

10.

- a) Os organismos fotossintetizantes devem ter surgido no período A, pois ao fazerem fotossíntese, eles liberam oxigênio para a atmosfera, provocando o aumento da quantidade de oxigênio na atmosfera. Os organismos eucariotos surgiram no período B, pois já havia a presença de oxigênio na atmosfera, permitindo, dessa forma, a sua utilização.
- b) O surgimento da mitocôndria possibilitou o aparecimento de organismos eucariotos aeróbicos, e o do cloroplasto, o aparecimento de eucariotos fotossintetizantes.
- c) A teoria mais aceita para a origem das mitocôndrias e dos plastos é a teoria endossimbiótica. Segundo essa teoria, essas organelas seriam antigas bactérias que teriam sido abrigadas no interior das células eucarióticas primitivas e continuaram a desempenhar suas funções (respiração aeróbica e fotossíntese). Essa teoria é apoiada pelo fato de o DNA dessas organelas ser circular, semelhante ao das bactérias; pelo fato de os ribossomos de cloroplastos e mitocôndrias apresentarem semelhanças com os das bactérias quanto ao tamanho, e pela inibição de síntese proteica.