

Propriedades do DNA

O material genético dos eucariotes é formado por um conjunto de células de unidades, as quais possuem as nucleotídeos, que ligadas formam o DNA. Com a sequência de uma informação genética, o DNA atua como um guia para a síntese das proteínas, sendo responsável pela síntese das células, sua manutenção e reprodução.

O código genético contido no DNA é **universal**, pois sua composição química é a mesma em todas as espécies. O nucleotídeo em uma dupla hélice são as moléculas que estão nos dois lados. É o arranjo entre nucleotídeos distintos, atuando em codificações genéticas diferentes para a formação das proteínas, ou seja, os genes que cada espécie apresenta são variáveis. Em cada célula celular, o material genético é responsável às células-filhas.

Para quem procura entender melhor esse mecanismo que regula a vida e a hereditariedade, o que está à base dos estudos em Genética, é possível conferir suas propriedades fundamentais do DNA: **replicação**, **mutação** e **transcrição**.

Replicação do DNA

O processo de replicação do DNA é chamado de **semiconservativo**, ou seja, cada fitamento original serve de molde para a síntese de um novo filamento. Assim, cada fitamento original (molde) é capaz de formar duas moléculas-filhas idênticas, conservando a metade da estrutura original que se herdou.

Como a descomposição em nucleotídeos e em seus respectivos açúcares, os nucleotídeos são as unidades de construção, nos quais o fosfato pode se ligar. Em uma das extremidades do DNA, tem-se o grupo de carbono-5 da pentose fosforilada, na outra, tem-se o grupo de carbono-3 da pentose livre. Assim, como o DNA tem uma estrutura de dupla hélice, o processo semiconservativo da replicação do DNA é possível porque o sentido de estrutura de cada hélice do DNA é **antiparalelo** - apresentando o sentido 5' → 3' (sentido a 3' hélice).

Desse modo, quando ocorre a formação de novas polinucleotídicas, durante a replicação do DNA, o grupo fosfato se liga ao carbono-5 da desoxirribose de um nucleotídeo e ao carbono-3 da desoxirribose de outro nucleotídeo. Essa disposição dos nucleotídeos determina a unidade de crescimento da cadeia de DNA, em que uma extremidade é 5' e a outra, 3'.

Objetivos da unidade:

- compreender os processos de replicação do DNA e o código genético.
- reconhecer a importância da sua estrutura em processos de replicação e transcrição.
- reconhecer os tipos de DNA e sua importância para a vida celular.



Replicação contínua e descontínua

Assim que uma nova molécula de DNA é formada, ela é obrigada a passar por duas etapas dependentes de sua função. Quando se trata de células somáticas, DNA é usado para produzir mais de uma célula. Quando se trata de células germinativas, moléculas de replicação que se tornam um meio de transmitir informações genéticas para as células filiais.



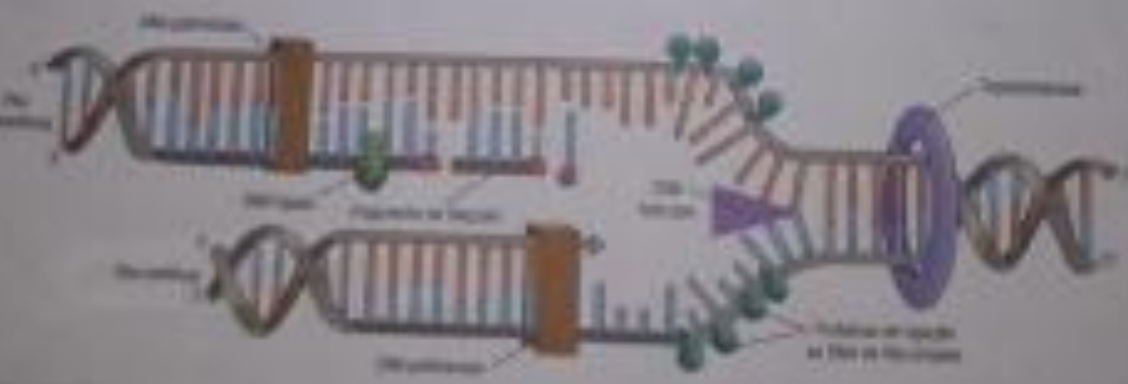
● Replicação de uma molécula de DNA. As fitas mães são sintetizadas continuamente em direção ao garfo de replicação. As fitas filiais são sintetizadas descontinua.

Como as duas cadeias do DNA são antiparalelas, na cadeia mãe de DNA direcional 3' → 5' ocorre a replicação contínua, produzindo-se uma única molécula de sentido 5' → 3'. Na cadeia mãe do DNA de sentido 5' → 3' ocorre a replicação descontínua em pequenos pedaços, chamados de fragmentos de Okazaki, que são posteriormente ligados de forma contínua.

Ação das enzimas no processo de replicação do DNA

No processo de síntese do DNA, deve haver a participação de enzimas fundamentais que atuam no desenrolamento das cadeias de replicação e unem as novas cadeias filiais. Entre as enzimas, duas importantes são a DNA polimerase e a DNA ligase.

- **DNA polimerase:** atua a dupla hélice, catalisando a síntese de fitas filiais de replicação, com a orientação 5' → 3'. Dependendo da direção, cada um dos filamentos atuando serve de molde para a síntese de uma nova cadeia complementar. Exatidão do DNA é assegurada por mecanismos de replicação.
- **Topoisomerase:** é responsável pela descompactação do DNA, evitando que ocorra formação de nós.
- **DNA polimerase:** responsável pela síntese de novas fitas de DNA, sendo que em cada filamento, sua atuação ocorre simultaneamente em ambas as cadeias complementares, porém na fita mãe do DNA, a DNA polimerase sempre atua de maneira contínua, e na fita filha, atua de maneira descontínua.
- **DNA ligase:** realiza a ligação entre os fragmentos de DNA e os outros filamentos originais. Assim, ocorre a ligação dos fragmentos de Okazaki na fita filha e a síntese do DNA.

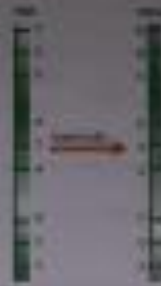


● Mecanismo de replicação descontínua do DNA. A fita recém-sintetizada é unida aos outros filamentos originais.

Transcrição gênica

A transcrição do DNA produz uma cópia de um gene e produz uma única cadeia de açúcar-fosfato de polifosfato em um a fita da cadeia de DNA e libera a outra fita. O RNA mensageiro é produzido a partir de um dos lados da fita da cadeia de DNA.

Um gene é uma seção de DNA que atua como molde para a síntese de RNA. O RNA mensageiro atua como molde para a síntese de proteínas. Os segmentos de DNA que não são transcritos são chamados de regiões não codificantes de DNA, sendo controlados pelo sistema regulatório do DNA.



Uma única fita de DNA atua como molde para a síntese de RNA mensageiro. O RNA mensageiro é produzido a partir de um dos lados da fita da cadeia de DNA.

Etapas da transcrição

- A enzima RNA polimerase catalisa o rompimento dos pontes de hidrogênio do DNA, abstraindo e deslocando a dupla hélice. Assim, abre-se uma das fitas de DNA e substitui-se o molde na cadeia de RNA.
- Os nucleotídeos livres de RNA, disponíveis na célula, unem-se às bases do DNA que estão ao molde. Formam-se enlaces pontuais entre a base de um nucleotídeo livre e a base de um nucleotídeo na fita de DNA que serve como molde. Assim, a RNA polimerase catalisa a formação de enlaces pontuais entre a RNA polimerase e o DNA.
- A RNA polimerase libera a fita da cadeia de DNA. O RNA mensageiro é produzido a partir de um dos lados da fita da cadeia de DNA.
- Quando termina a síntese de RNA, a RNA polimerase se desloca da dupla hélice e libera a fita de DNA. Assim, a fita de DNA volta a ser dupla hélice e a RNA polimerase se desloca da dupla hélice e libera a fita de DNA.

RNA mensageiro, produto da transcrição, é formado a partir de uma das fitas da cadeia de DNA. O RNA mensageiro é produzido a partir de um dos lados da fita da cadeia de DNA.



Transcrição do DNA em uma fita da cadeia de DNA.

Atividades

1. Identifique os pontos de partida da transcrição.

1. Identifique por que se diz que o processo de transcrição do DNA é semiconservativo.
2. Uma única fita de DNA atua como molde para a síntese de RNA mensageiro. O RNA mensageiro é produzido a partir de um dos lados da fita da cadeia de DNA.
3. Quando termina a síntese de RNA, a RNA polimerase se desloca da dupla hélice e libera a fita de DNA. Assim, a fita de DNA volta a ser dupla hélice e a RNA polimerase se desloca da dupla hélice e libera a fita de DNA.

11/08/20

Funcionamento dos genes

O DNA contém o plano de construção de uma proteína. Cada gene contém a informação de um pedaço de proteína. O processo de construção da proteína é chamado de síntese proteica. É dividido em dois passos: a transcrição e a tradução. A transcrição é o processo de copiar o código genético do DNA para o RNA mensageiro (mRNA). A tradução é o processo de usar o código genético do mRNA para construir a proteína.

Os genes são encontrados no núcleo da célula. O DNA é organizado em cromossomos. Cada cromossomo contém muitos genes. Cada gene contém a informação para construir uma proteína específica. Para que um gene possa ser usado para construir uma proteína, a informação contida no gene precisa ser copiada para o RNA mensageiro (mRNA). Este processo é chamado de transcrição. Depois de ser produzido, o mRNA sai do núcleo da célula e vai para o citoplasma, onde a tradução acontece. Este processo é chamado de tradução.



Processo de síntese proteica: transcrição e tradução.

Código genético

O DNA apresenta quatro tipos diferentes de bases nitrogenadas, em sua nucleotídeo: adenina (A), guanina (G), citosina (C) e timina (T). Essas bases combinam-se em pares complementares, representando um código genético. A sequência de bases no DNA determina a sequência de aminoácidos na proteína.

Os nucleotídeos presentes em um pedaço de DNA são chamados de códon. Cada códon é formado por três bases nitrogenadas. Há quatro maneiras diferentes de combinar as bases nitrogenadas, resultando em 64 códon diferentes. Cada códon especifica um aminoácido diferente.

Depois de terminada a transcrição, o mRNA vai para o citoplasma, onde a tradução acontece. Durante a tradução, os aminoácidos são ligados em uma sequência específica, formando a proteína. Cada três bases nitrogenadas do mRNA correspondem a um código genético, que determina a posição do aminoácido na proteína. Esse código genético é chamado de código genético.

Existem 64 combinações possíveis de bases nitrogenadas nos códon de mRNA e as respostas apropriadas são as proteínas. Cada aminoácido específico é produzido por um código genético específico. Cada aminoácido específico é produzido por um código genético específico. Cada aminoácido específico é produzido por um código genético específico.

Cada códon termina ou de terminação podem ser de três bases: UGA, UAG e UAA. Esses códon, são chamados de códon de terminação porque indicam o fim da cadeia de aminoácidos. No caso de UGA, UAG e UAA, não há aminoácido correspondente. Quando um dos três tipos de aminoácidos é produzido, o códon de terminação indica o fim da cadeia de aminoácidos. Observe, na tabela, as respostas de bases nitrogenadas e o impacto na formação da proteína.

GENOTIPO

		A		a		B		b		
A	AA	AA	AA	BB	bb	BB	bb	BB	bb	A
	Aa			Bb		Bb				
	Aa	Aa	aa	BB	bb	BB	bb	BB	bb	
	aa			Bb		Bb				
B	BB	BB	bb	BB	bb	BB	bb	BB	bb	B
	Bb			Bb		Bb				
	Bb	Bb	bb	BB	bb	BB	bb	BB	bb	
	bb			Bb		Bb				
a	aa	aa	AA	BB	bb	BB	bb	BB	bb	a
	Aa			Bb		Bb				
	Aa	Aa	aa	BB	bb	BB	bb	BB	bb	
	aa			Bb		Bb				
b	bb	bb	AA	BB	bb	BB	bb	BB	bb	b
	Bb			Bb		Bb				
	Bb	Bb	aa	BB	bb	BB	bb	BB	bb	
	aa			Bb		Bb				

Figura 1. Diagrama de Punnett para o cruzamento de dois indivíduos heterocigotos para dois caracteres.

Cada célula contém um dos tipos de gametas produzidos por cada um dos pais e o código genético da descendência. Os caracteres hereditários são representados por letras maiúsculas (dominantes) e minúsculas (recessivas). Os caracteres que aparecem em um indivíduo são determinados por dois genes.

A descendência produz gametas com dois tipos de genes, que são distribuídos no código genético. Por exemplo, se a descendência contém um gene para cada característica, ela pode produzir dois tipos de gametas. O código genético da descendência é determinado pela combinação dos genes dos pais. Assim, se os pais são heterocigotos para um determinado gene, a descendência pode ser homocigota dominante ou homocigota recessiva.

No exemplo de um casal Bb, cada um produz dois tipos de gametas, B e b. Se os pais são Bb, a descendência pode ser BB, Bb, Bb ou bb. A descendência com o código genético BB é homocigota dominante, a descendência com o código genético Bb é heterocigota dominante e a descendência com o código genético bb é homocigota recessiva.

Trasmissione genica

Per la trasmissione dei geni da una generazione all'altra, il DNA deve essere replicato e distribuito equamente tra le cellule figlie.

La cellula, in preparazione per la divisione, copia il DNA. Per questo, il DNA si duplica. Il risultato è un DNA a doppia elica. Per questo, il DNA si duplica. Il risultato è un DNA a doppia elica. Per questo, il DNA si duplica. Il risultato è un DNA a doppia elica.

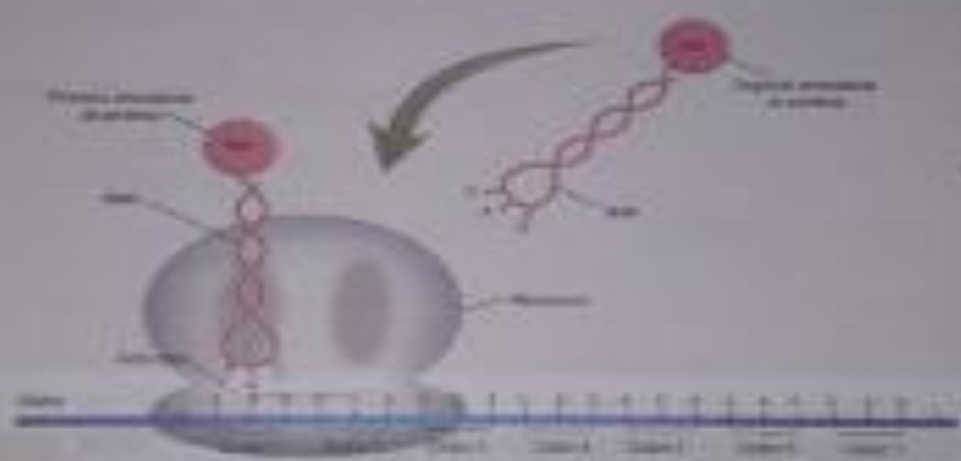


Il DNA si duplica in modo che ogni cellula figlia riceva una copia completa del genoma.

Una volta copiato il DNA, la cellula si divide. Le due cellule figlie ricevono ciascuna una copia completa del DNA. Per questo, il DNA si duplica. Il risultato è un DNA a doppia elica.

Una volta copiato il DNA, la cellula si divide. Le due cellule figlie ricevono ciascuna una copia completa del DNA. Per questo, il DNA si duplica. Il risultato è un DNA a doppia elica.

Il DNA si duplica in modo che ogni cellula figlia riceva una copia completa del genoma. Per questo, il DNA si duplica. Il risultato è un DNA a doppia elica.



Il DNA si duplica in modo che ogni cellula figlia riceva una copia completa del genoma.

Il DNA si duplica in modo che ogni cellula figlia riceva una copia completa del genoma. Per questo, il DNA si duplica. Il risultato è un DNA a doppia elica.

...a produção de proteínas a partir de genes produzidos por organismos e os genes são os segmentos de DNA que codificam as proteínas. A síntese de proteínas é realizada por um mecanismo complexo que ocorre em duas fases sucessivas.



...a síntese de proteínas ocorre em duas etapas sucessivas: primeiro de síntese de mRNA a partir de um gene e depois de síntese de proteínas a partir do mRNA.

Forma a proteína

Na célula animal, cada um dos genes é constituído de segmentos sucessivos chamados exons, separados por segmentos chamados íntrons. Os genes são constituídos de segmentos sucessivos chamados exons, separados por segmentos chamados íntrons. Após a síntese de transcrição de uma molécula de mRNA, ocorre um mecanismo chamado *splicing* que consiste na remoção do segmento não codificante formado de um RNA logo após a transcrição, formando o mRNA maduro. Este mRNA maduro é então transportado para o citoplasma da célula, onde ocorre a síntese de uma proteína.



...a síntese de proteínas ocorre em duas etapas sucessivas: primeiro de síntese de mRNA a partir de um gene e depois de síntese de proteínas a partir do mRNA.



Organize as ideias



...a síntese de proteínas a partir de genes produzidos por organismos e os genes são os segmentos de DNA que codificam as proteínas. A síntese de proteínas é realizada por um mecanismo complexo que ocorre em duas fases sucessivas.

Atividade 1

Aula do dia 28-082020 foi apenas exercícios de replicação, transcrição e tradução.

Aula do dia 04-09-2020

Identifique a sequência de bases que irá compor o trecho de RNA mensageiro a ser traduzido em proteína e determine o número de aminoácidos a serem introduzidos na proteína nascente.

Sequência: A-U-G-G-A-A-A-A-U-A-C; número de

aminoácidos: 4.

Utilize o texto e a imagem a seguir para responder às questões 6 e 7.

(ENEM) João ficou intrigado com a grande quantidade de notícias envolvendo DNA: clonagem da ovelha Dolly, terapia gênica, testes de paternidade, engenharia genética, etc. Para conseguir entender as notícias, estudou a estrutura da molécula de DNA e seu funcionamento e analisou os dados do quadro a seguir.

c) T = 10%; C = 40%; G = 10%

x d) T = 40%; C = 10%; G = 10%

e) T = 40%; C = 60%; G = 60%

7. Em I está representado o trecho de uma molécula de DNA. Observando o quadro, pode-se concluir que:

x a) a molécula de DNA é formada por 2 cadeias caracterizadas por sequências de bases nitrogenadas.

b) na molécula de DNA, podem existir diferentes tipos de complementação de bases nitrogenadas.

c) a quantidade de A presente em uma das cadeias é exatamente igual à quantidade de A da cadeia complementar.

d) na molécula de DNA, podem existir 5 diferentes tipos de bases nitrogenadas.

e) no processo de mitose, cada molécula de DNA dá origem a 4 moléculas de DNA exatamente iguais.

Sugestão de atividades: questões 5 a 9 da seção **Hora de estudo**.

Ciclo celular

O ciclo de vida celular depende de diversos processos que ocorrem no núcleo e no citoplasma de uma célula. Muitas células apresentam ciclo curto, como as hemácias e as células de crescimento das raízes e dos caules das plantas. Outras têm um ciclo vital médio, como os osteócitos (ósseas) e os músculos não estriados. Existem, ainda, aquelas com ciclo longo e que praticamente não se renovam. Nesse caso, incluem-se os neurônios e os músculos estriados esqueléticos.

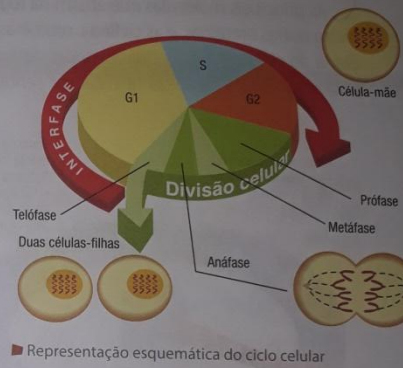
O ciclo celular é, portanto, um conjunto de processos que ocorre no interior de uma célula desde a sua formação até a divisão em duas células-filhas. A frequência da divisão celular varia de acordo com o tipo de célula, e seu ciclo envolve duas etapas, a **interfase** e a **divisão celular** (mitose e citocinese).

Interfase

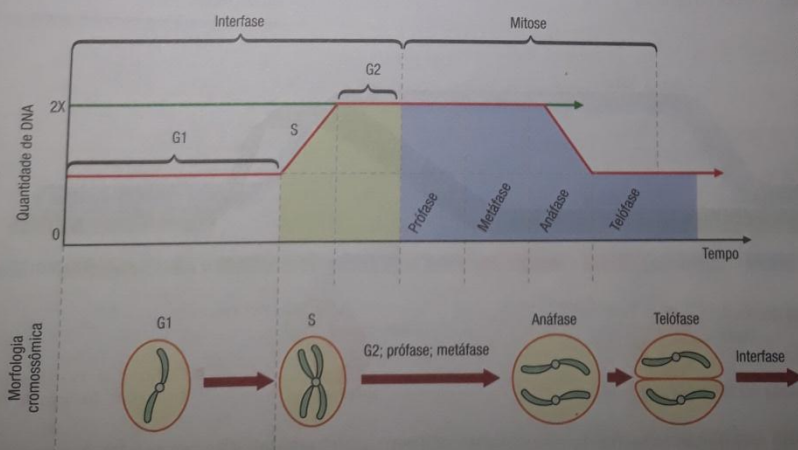
O **maior tempo de vida das células** corresponde ao período de interfase, quando o DNA está em intensa atividade, coordenando a produção de proteínas e o metabolismo celular. Nessa etapa do ciclo celular, também ocorre a preparação da célula para a divisão celular, importante para o desenvolvimento dos organismos.

A interfase corresponde a um período entre duas divisões celulares consecutivas e pode ser dividida nos seguintes períodos ou fases:

- **Período G1** (G = do inglês *gap*, intervalo) – caracterizado pelo **crescimento** das células e pela preparação para a divisão. A duração é variável e, nesse período, ocorre **intensa síntese proteica**.
- **Período S** (S = síntese) – compreende o momento em que ocorre a **replicação do DNA**. Ao final desse período, a célula apresenta o dobro de DNA e os centríolos duplicados. Com isso, a célula tem DNA duplicado para passar para as células-filhas.
- **Período G2** – é o tempo que antecede a divisão celular. A cromatina já está duplicada e ocorrem os preparativos finais para o início da divisão da célula. Esse período representa um tempo adicional para a síntese proteica e o crescimento celular.



Observe, no gráfico, o que ocorre com a quantidade de DNA no ciclo celular. Em G1, a quantidade de DNA é X. Na fase S, ocorre a replicação do DNA (2X). Por isso, cada cromossomo formado apresenta duas cromátides-irmãs, tornando possível a divisão celular. Após a divisão, a quantidade de DNA é a mesma nas duas novas células formadas.



■ Gráfico que representa a variação da quantidade de DNA durante o ciclo celular

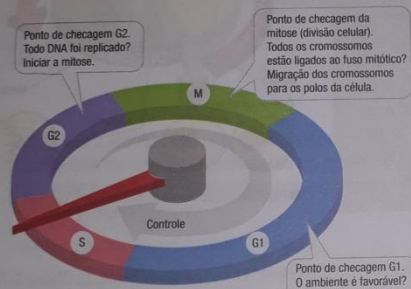
Pontos de checagem do ciclo celular

O ciclo celular é dividido em fases, e o tempo de cada uma delas varia entre os diferentes tipos celulares. Essas diferenças e o encaminhamento da sequência de etapas do ciclo celular dependem do sistema de controle do ciclo celular. Fazem parte desse sistema os pontos de checagem, desencadeados de forma interna ou externa nas células que, por meio de sinais químicos ou físicos, regulam a parada ou a continuidade dos eventos do ciclo celular.

Os pontos de checagem são responsáveis por:

- garantir que as etapas do ciclo celular ocorram em ordem correta;
- controlar as transições entre as etapas, verificando se a etapa anterior foi totalmente finalizada;
- assegurar que cada etapa do ciclo seja realizada apenas uma vez.

As principais moléculas que atuam na regulação interna do ciclo celular são as **cinases**, enzimas que ativam e inativam outras proteínas, e as **ciclinas**, proteínas que apresentam uma concentração que varia na célula, dependendo da etapa do ciclo celular. As cinases dependem das ciclinas para se tornarem ativas, uma vez que se ligam a uma ciclina para atuar na regulação do ciclo celular, sendo denominadas **cinases dependentes de ciclina** ou **Cdks**.



Os principais pontos de checagem ocorrem nas fases G1, S, G2 e M (divisão celular – mitose ou meiose)

Nas células de mamíferos, entre todos os pontos de checagem do ciclo celular, o ponto G1, denominado **ponto de restrição**, é considerado o mais importante. Isso porque, se a célula recebe um sinal de continuidade do ciclo em G1, ela completa todas as outras etapas e, assim, a divisão celular. Se esse sinal não é recebido, a célula estaciona e o ciclo permanece no estado denominado **fase G0**, uma fase de não divisão. Muitas células do corpo humano se encontram em G0, como as células musculares nos indivíduos adultos, que nunca se dividem. Alguns tipos celulares podem sair de G0, evento desencadeado, por exemplo, pelo fator de crescimento liberado em razão de uma lesão em um tecido.



Gráfico com a variação da presença das ciclinas na duração do ciclo celular

Os fatores de **regulação externa** do ciclo celular incluem: proteínas liberadas por células que estimulam as outras a se dividirem (fator químico); inibição da divisão em razão da quantidade de células aglomeradas em determinado espaço; ligação da célula com a matriz extracelular (fatores físicos).

4 Complemento dos fatores de regulação externa do ciclo celular.

Qualquer problema que ocorra com a checagem do ciclo e que ocasione a sua desregulação pode trazer problemas ao organismo como um todo. A proliferação de células sem controle, por exemplo, ocasiona a formação de **tumores** que crescem, e as células cancerosas podem se desprender e migrar para outras áreas do corpo (metástase).

Os seres pluricelulares podem apresentar trilhões de células e os sistemas de regulação asseguram que as células com mutações gênicas, que não regulam corretamente sua divisão, sejam destruídas.

Um mecanismo importante de destruição celular é a **apoptose**, na qual a própria célula usa seu mecanismo para destruir seu DNA, organelas e membranas.



Atividades

(UFV – MG) Como reconhecimento de seus trabalhos pioneiros relacionados ao ciclo celular, Leland H. Hartwell, Tim Hunt e Paul Nurse receberam o Prêmio Nobel de Medicina e Fisiologia em 2001. Com relação a esse prêmio, assinale a alternativa

realizar a fase G1 e 12 horas para completar o ciclo. O tempo demora a replicação do DNA. Identifique sua resposta mostrando o período em que esse processo ocorre.

Características da mitose

- Trata-se de uma distribuição equacional (equitativa) do número cromossômico e da informação genética da célula. A mitose é, por esse motivo, caracterizada como uma **divisão equacional**.
- Nos organismos pluricelulares, a mitose possibilita o desenvolvimento embrionário, o crescimento e a manutenção celular.
- Nos organismos unicelulares eucariontes, a mitose corresponde à reprodução assexuada.
- Nos procariontes, como as bactérias, não existe mitose, apenas ocorre a replicação do DNA, seguida de uma divisão do citoplasma em duas partes. Com isso, cada nova bactéria formada mantém uma cópia idêntica do DNA.

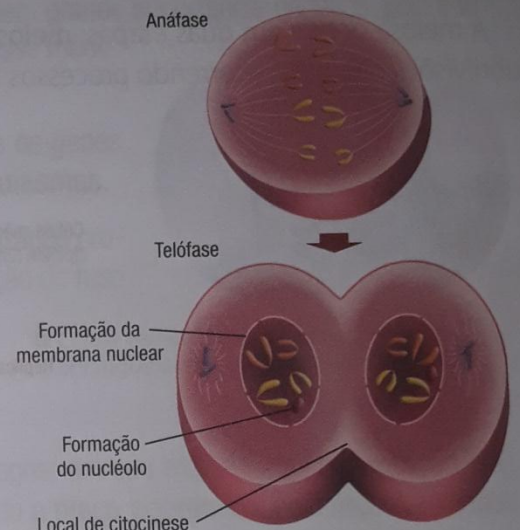
Citocinese em células animais e vegetais

Durante a citocinese das **células animais**, forma-se, na zona do plano equatorial, um anel contrátil de filamentos proteicos (actina e miosina). Esses filamentos se contraem e puxam a membrana para dentro, causando um sulco de divisão que permite o estrangulamento do citoplasma, até que as duas células-filhas se separem completamente. Por ocorrer de fora para dentro, esse processo de divisão é denominado **citocinese centrípeta**.

A citocinese das **células vegetais** é diferente, pois a parede celular rígida impede a divisão do citoplasma por estrangulamento. Nesse caso, as vesículas originadas do complexo golgiense se dispõem na região equatorial, formando o fragmoplasto. Essas vesículas são constituídas de carboidratos que originam a primeira camada da parede celular, chamada **lamela média** (também conhecida por lâmina central). Como as paredes celulares iniciam a formação da região central da célula para a periferia, chamamos a divisão celular de **citocinese centrífuga**.

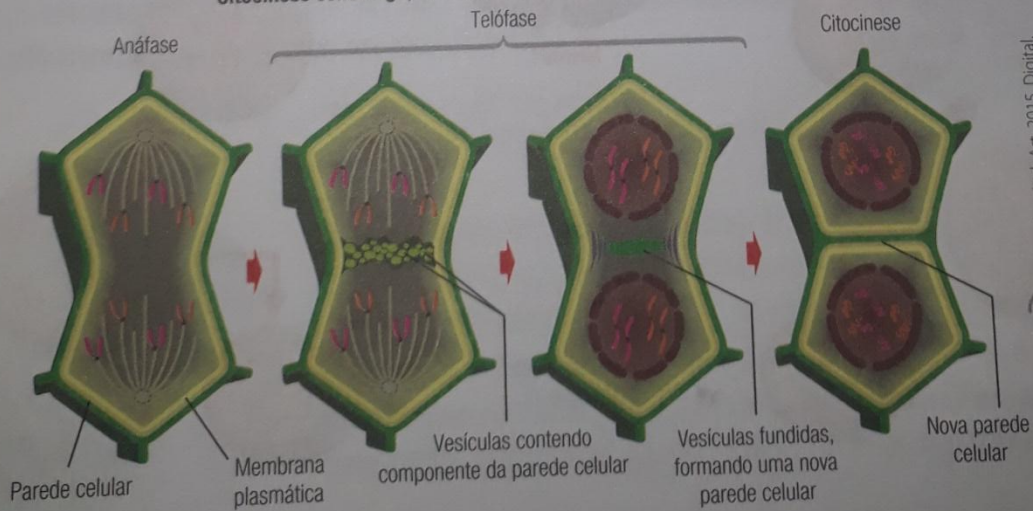
Além disso, nas plantas frutíferas (angiospermas), não existem centríolos. As regiões correspondentes às duas zonas polares atuam como um centro organizador de microtúbulos, que vai originar as fibrilas do fuso acromático.

Citocinese centrípeta, astral (com áster) e centríola (com centríolo)



■ Representação esquemática de citocinese em célula animal

Citocinese centrífuga, anastral (sem áster) e acêntrica (sem centro)

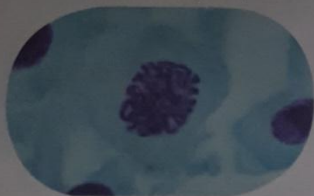


■ Representação esquemática de citocinese em célula vegetal

Ilustrações: Jack Art. 2015. Digital.

Prófase (*pro*, início)

- Nessa fase mais longa da mitose, os filamentos de cromatina começam a se **condensar**, ficando mais visíveis ao microscópio óptico e originando os cromossomos. Cada cromossomo é formado por duas cromátides-irmãs.



■ Célula vegetal em prófase. Micrografia óptica, com aumento de 500x.

- Os centríolos, já duplicados na interfase, migram para os polos opostos da célula, iniciando a formação do fuso acromático ou aparelho mitótico, incluindo o áster. O aparelho mitótico é constituído por um sistema de microtúbulos proteicos, originados dos centríolos, que se agrupam para formar filamentos (fibrilas). Quando os centríolos atingem os polos, o envoltório nuclear fragmenta-se e o nucléolo desaparece, pois o material que o constitui se mistura ao citoplasma.

Metáfase (*meta*, meio)

- Com o aparelho mitótico formado e o desaparecimento do envoltório nuclear, os cromossomos mais condensados iniciam uma série de movimentos que resultam em um alinhamento de todos eles na região mediana da célula, formando a **placa equatorial**.
- A maior condensação dos cromossomos possibilita a melhor visualização em microscopia. Por isso, a análise do cariótipo é feita nessa fase.
- Alguns filamentos do fuso se ligam aos centrômeros dos cromossomos para iniciar a separação das cromátides-irmãs. Formam-se, assim, as fibrilas cromossomáticas. No entanto, percebe-se que outras fibrilas são contínuas, pois vão de polo a polo.



■ Célula vegetal em metáfase. Micrografia óptica, com aumento de 500x.

Anáfase (*ana*, de baixo para cima)



■ Célula vegetal em anáfase. Micrografia óptica, com aumento de 500x.

- A principal característica dessa fase é a **separação dos centrômeros** e, conseqüentemente, a **separação das cromátides-irmãs**, que migram para os polos opostos da célula. Isso ocorre porque as fibras do fuso, que puxam cada cromátide para um lado da célula, se encurtam em razão da alteração das proteínas tubulinas (caracterizando o movimento anafásico). A posição ocupada anteriormente pelos cromossomos duplicados garante que ocorra uma distribuição idêntica do material genético entre os dois polos.
- Cada cromossomo, que era composto por dois filamentos condensados de DNA, passa a ser formado por um filamento simples denominado **cromátide**.

Telófase (*telos*, final)

- A telófase é a última fase da mitose e apresenta características contrárias às da prófase, como a **desespiralização dos cromossomos** e a reorganização do envoltório nuclear, originado do retículo endoplasmático.
- O nucléolo reaparece, originando-se da região organizadora dos nucléolos presentes em certos cromossomos (acrocêntricos).
- Depois da telófase, ocorre a citocinese (divisão do citoplasma), formando duas novas células-filhas com o mesmo número de cromossomos da célula original.
- Organelas membranosas grandes, como o complexo golgiense e o retículo endoplasmático, são fragmentadas em vários pedaços menores durante a mitose. Isso possibilita que a distribuição dessas estruturas seja parelha entre as células-filhas formadas pela citocinese (divisão do citoplasma e separação das células-filhas).



■ Célula vegetal em telófase. Micrografia óptica, com aumento de 500x.

Divisões celulares

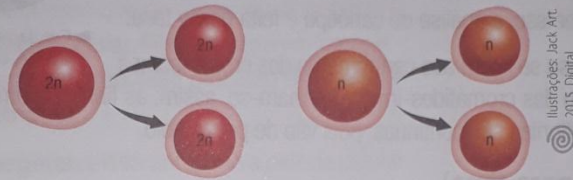
A divisão celular é caracterizada por dois momentos:

- duplicação do núcleo, processo que caracteriza a **mitose**;
- divisão do citoplasma e da membrana, com a separação das células-filhas, processo chamado de **citocinese**.

Mitose

Na mitose, a célula se prepara para a geração de duas novas células-filhas, **idênticas à original**, em consequência do processo de replicação do DNA durante a interfase (período S). A divisão celular com a manutenção da carga genética é uma das propriedades celulares mais importantes, ocorrendo tanto em células diploides ($2n$) de um organismo como em células haploides (n) de certas fases de vida das plantas. Ocorre, por exemplo:

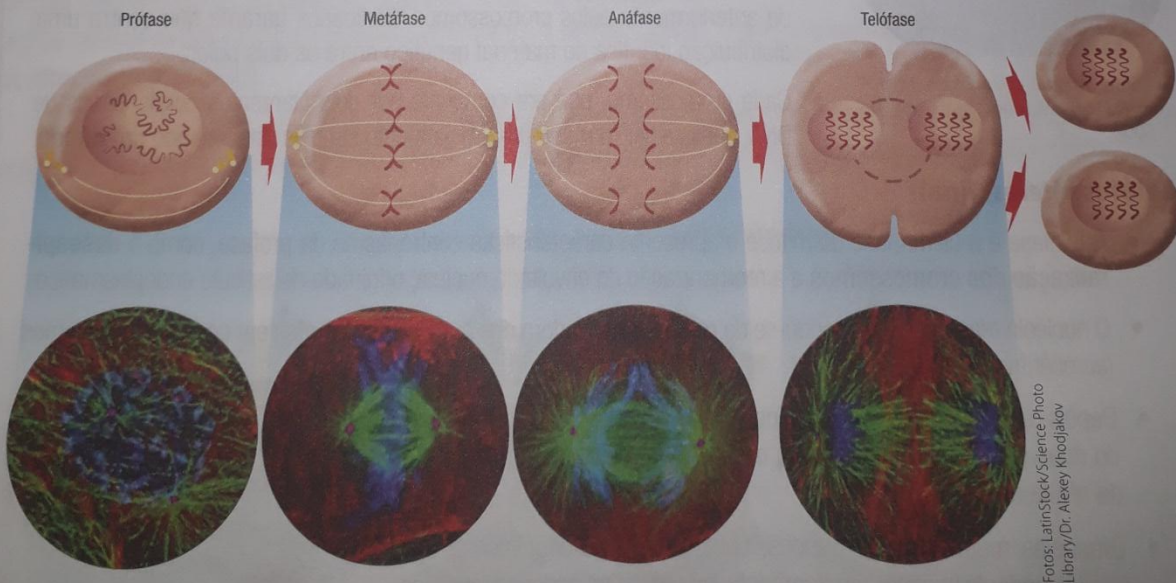
- em seres unicelulares eucariontes, em que essa divisão celular corresponde à reprodução assexuada;
- em seres pluricelulares, nos quais esse tipo de divisão é importante para o crescimento do organismo, pois, constantemente, perdem muitas células do corpo que devem ser renovadas quando ocorrem ferimentos, durante a passagem de alimentos pelo tubo digestório ou no processo de envelhecimento celular.



■ Representação esquemática da formação de células diploides e haploides por mitose

Fases da mitose

Por questões didáticas, a mitose é dividida em quatro fases fundamentais: prófase, metáfase, anáfase e telófase.



Fotos: LatinStock/Science Photo Library/Dr. Alexey Khodjakov

■ Representação esquemática e micrografia das fases da mitose. Micrografias ópticas de fluorescência, coloridas artificialmente, com aumento de 500x.

Nas imagens de microscopia, compare e explore a estrutura marcada das fibras do citoesqueleto e do fuso mitótico.