Estratégia Concursos

# Aula 00

*PC-PR (Papiloscopista Policial) Biologia - 2026 (Pós-Edital)*

Autor:
**André Vieira Peixoto Davila**

20 de Julho de 2026

1 – Introdução ..... 3

2 – Definição de Célula ..... 4

2.1 Vírus - Um ser acelular ..... 6

3 – As Células Procariontes ..... 9

4 – As Células Eucariontes ..... 12

4.1 – As células vegetais e as células animais ..... 12

4.2 – Membrana plasmática ..... 13

4.3 – O Citoplasma e as Organelas ..... 31

4.4 Os diferentes tipos de células ..... 54

5 – Divisão Celular - Mitose ..... 56

5.1 – Interfase: a primeira e mais longa fase do ciclo celular. ..... 57

5.2 – A Prófase e a Pro-metáfase – As fases do fim do núcleo. ..... 58

5.3 – A metáfase – a fase de maior condensação cromossômica. ..... 60

5.4 –A Anáfase – A separação cromossômica. ..... 62

5.5 – A telófase e a citocinese – formando duas novas células. ..... 63

5.6 – O controle celular mitótico ..... 66

6 – Divisão Celular - Meiose ..... 68

6.1 – A primeira divisão da meiose ..... 70

6.2 – A segunda divisão da meiose – semelhante à mitose ..... 74

7 – A obtenção de energia pelas células: Respiração celular, fermentação e fotossíntese. ..... 81

7.1 – A respiração aeróbica ..... 82

7.2 – A respiração anaeróbica ..... 90

7.3 – A fotossíntese ..... 92

8 – Exercícios ..... 94

9 – Resoluções dos Exercícios ..... 118

9.1 – Resoluções dos Exercícios de Fixação ..... 126

10 – Resumo da aula ..... 129

# 1 – Introdução

Prezados alunos, o estudo das células é base para o entendimento da fisiologia e anatomia humana, animal e vegetal. Afinal, os seres vivos são formados por elas!

Neste livro, estudaremos a definição de célula, as diferenças entre as células de seres procariontes e de seres eucariontes, suas organelas e funções. Analisaremos também como as células se dividem e como obtêm energia para realizarem suas funções.

Fique atento aos termos em negrito e aos quadros em destaque que irão conter explicações importantes que você não poderá esquecer!

**Vamos ao estudo!**

Prof. MSc. André D'Ávila

Biólogo, Perito Criminal

**periciahd**

# 2 – Definição de Célula

**A célula é a unidade básica de qualquer ser vivo**. É uma estrutura que contém todo o maquinário bioquímico necessário para a sobrevivência e manutenção do ser. Sua denominação, que vem do latim *cella* que significa "quarto pequeno", foi postulada por Robert Hooke entre os anos de 1663 e 1665, quando este pesquisador observou um pedaço de cortiça ao microscópio óptico (figura 1).

As células apresentam-se nos organismos sobre diferentes formatos e com diferentes formas de organização, algumas mais simples e outras bastante complexas. Esta pluralidade de formas e de funções tem relação estreita com os processos evolutivos que atuam e atuaram sobre os seres vivos. De fato, como diria Theodosius Dobzhansky, nunca podemos esquecer que "**nada na biologia faz sentido exceto à luz da evolução**".

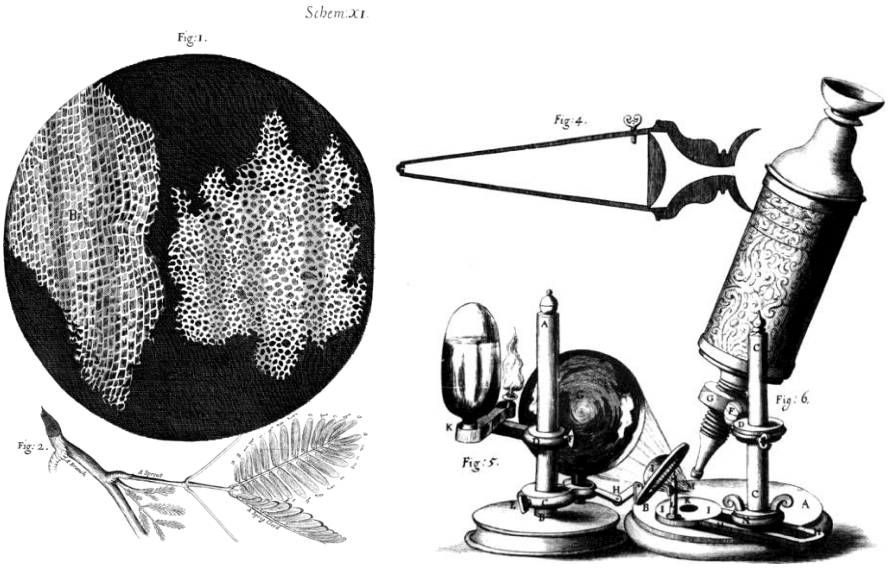



***Figura 1: À esquerda temos a micrografia gerada por Hooke ao observar a cortiça, mostrando as câmaras vazias que ele chamou de células. À direita temos o microscópio que o pesquisador utilizou para seus estudos. Fonte:*** **https://commons.wikimedia.org/wiki/Micrograp*hia*.**

Em 1838, os pesquisadores Schleiden e Schwann postularam a **teoria da célula**, na qual afirmam que **todos os seres vivos são compostos por uma ou mais células**. Neste contexto, utilizamos a classificação de seres **unicelulares**, para aqueles que são compostos por apenas **uma unidade celular** e

seres **pluricelulares**, para aqueles que apresentam **mais de uma unidade (várias células)**. A teoria proposta pelos pesquisadores postula ainda:

- Que todas as células provêm **da divisão de uma célula preexistente**,
- Que as células são **a unidade que carrega todas as funções fisiológicas necessárias à vida,**
- Que cada célula **mantém a sua homeostase em nível celular**, ou seja, cada célula é responsável pela **manutenção da estabilidade de seu ambiente interno**.

Organismos **unicelulares** têm somente **uma** célula.
Organismos **pluricelulares** são formados por **diversas** células.

Se as células somente se originam a partir de células preexistentes, podemos inferir que há nelas alguma "*coisa*" que é passada adiante quando ela se divide, gerando células "filhas" que *podem ser* idênticas à célula original – reparem que foi dito "podem ser", pois há casos de divisão celular que não necessariamente geram células idênticas à célula "mãe" (como na formação dos gametas). **Esta "*coisa*" que nos referimos acima é o material genético das células**. O material genético é composto por moléculas de **ácido desoxirribonucleico**, o DNA (sigla em inglês), que contém, quimicamente, toda a **informação necessária para o funcionamento e manutenção da vida celular** e, portanto, da vida do organismo que a célula compõe.

Há na natureza, células que compõem seres unicelulares cuja organização estrutural é simples, não sendo observadas muitas estruturas especializadas e com funções específicas em seu interior. Estas células são consideradas **primitivas** numa escala temporal e evolutiva. Dentre as suas características, aquela que mais chamou a atenção dos pesquisadores e que serviu como parâmetro para a sua classificação foi a **ausência de um envoltório nuclear**, ou seja, a ausência de uma estrutura que se dispusesse ao redor do material genético da célula. Esta célula é classificada como uma célula **procariontе**. Este tipo de célula compõe seres procariontes como **bactérias, arqueas** e **cianobactérias**, que são unicelulares e pertencem ao antigo **Reino Monera**, atualmente dividido em dois grupos: **Bacteria** (ou Eubacteria) e **Archaea** (ou Archaeabacteria).

Dentro da escala temporal evolutiva houve o surgimento de uma **camada protetora** ao redor do material genético. Esta camada, além de proteger este material, o separa fisicamente das demais estruturas presentes na célula. O espaço gerado por esta camada protetora é chamado de **núcleo celular** e a tal camada protetora é chamada de **carioteca**. O núcleo celular é tão importante que, caso uma célula humana tenha seu núcleo desfeito, ela pode se desintegrar num período de três a quatro meses.

As células que possuem núcleo são classificadas como **células eucarióticas ou eucariotas**. Elas formam todos os seres vivos dos **reinos Protoctistas (também chamado de Protista, composto por algas e protozoários), Plantae, Fungi e Animalia (ou Metazoa).** Nestes casos, podemos ter tanto seres unicelulares quanto pluricelulares. Nesses últimos, as células podem apresentar **diferenciações** e **especializações**, aglomerando-se em conjuntos que apresentam uma função igual ou interdependente, formando **os tecidos**.

**Procariontes** - seres unicelulares cujas células não apresentam núcleo ao redor do material genético
**Eucariontes** - seres uni ou pluricelulares que apresentam uma membrana ao redor do material genético, englobando-o, formando o núcleo.

## 2.1 Vírus - Um ser acelular

Há seres que não apresentam sua constituição como os seres acima descritos. Eles não apresentam organização citoplasmática, tão pouco membrana plasmática ou núcleo. Representantes clássicos deste grupo que citamos são os **vírus**. Eles são considerados seres **acelulares**. São formados por uma **cápsula proteica** que envolve seu material genético, o qual pode ser composto por DNA ou RNA (respectivamente adenovírus e retrovírus).

São **parasitas obrigatórios**, não apresentando qualquer atividade bioquímica ou fisiológica quando fora de um organismo ou de uma célula. Há muita discussão no meio acadêmico se podemos considera-los seres vivos. Após invadirem uma célula, os vírus utilizam seu maquinário molecular para se reproduzir. Podem ocasionar doenças como:

- **Gripe**: ocasionada pelo vírus H1N1. O **Influenzavirus A** gerou a gripe espanhola que matou cerca de 50 milhões de pessoas nos anos que sucederam a 1ª grande guerra. Ele age sobre células do pulmão, gerando uma forte resposta do sistema imune que acaba atacando e destruindo as próprias células. A resposta gerada é tão forte que acaba matando pessoas jovens e com um bom sistema imune. Trata-se de uma família de vírus cujos subtipos ainda circulam pela sociedade.
- **Síndromes respiratórias agudas como a Sars ou a COVID19**: Gerada por coronavírus que são uma família de vírus. Tratam-se de retrovírus que apresentam uma camada lipídica ao redor da cápsula proteica que por sua vez apresenta espículas que são utilizadas para se atracar às células, gerando uma conformação semelhante a uma coroa, daí seu nome. Atualmente, o vírus classificado como SARS-COV-2 tem ganhado destaque por ter gerado uma nova pandemia (termo utilizado para designar uma epidemia que atinge o mundo todo), ocasionando uma doença chamada de COVID19 (*Corona Virus Infectious Disease* 19). Ele invade as células do corpo supostamente por meio de ligação a um receptor de membrana chamado ACE2, que é expresso em células epiteliais do pulmão, de vasos sanguíneos, do intestino e dos rins. Ele ocasiona uma forte gripe, com maioria dos sintomas acometendo o sistema respiratório (coriza, tosse, falta de ar), gerando também febre e mal-estar, além de dor de cabeça, diarreia e anosmia e hiposmia (perda ou redução de olfato e paladar). Alguns efeitos colaterais às infecções já foram reportados, em especial debilitando a capacidade respiratória ou o sistema nervoso. É um vírus **mais contagioso do que o H1N1**, fato que o torna bastante perigoso para a saúde pública. Sua transmissão se dá em grande parte por meio de contato com partículas virais expelidas pelo sistema respiratório de indivíduos infectados. Tem um período de incubação de 2 a 14 dias. A sobrevida a infecções chega a 96% dos casos. A prevenção, segundo recomendações da OMS, segue princípios básicos da assepsia como desinfetar ambientes e lavar bem as mãos, além da utilização de máscaras e adoção de medidas de contingenciamento social (isolamento). A vacina contra o

corona vírus que causa a COVID-19 tem se mostrado a melhor forma de reduzir o contágio e os casos graves da doença.

- **Dengue**: tem como vetor o mosquito *Aedes aegypti*; causa estado febril agudo gerando dor de cabeça, dores nos músculos e articulações e erupções cutâneas; pode evoluir ao estado hemorrágico que gera redução da pressão, perda de plasma e redução dos níveis de plaquetas. A prevenção se dá por vacina e controle do vetor.
- **Febre amarela**: tem como vetor urbano o mosquito *Aedes aegypti;* causa febre, perda de apetite, calafrios, náuseas e dores musculares e de cabeça. Pode ocasionar insuficiência renal e lesões no fígado. A prevenção se dá por vacina.
- **Poliomielite:** conhecida como paralisia infantil. Pode gerar paralisia por infecção dos nervos. É prevenida com vacina.
- **Raiva:** é uma zoonose; conhecida como hidrofobia. A transmissão se dá pelo contato com saliva de animais infectados. Quando a raiva manifesta os sintomas, em geral, ocorre o óbito. Há tratamentos preventivos com vacina e pós infecção com antivirais, vacina e indução ao coma. O vírus ataca os nervos periféricos e o sistema nervoso central. São sintomas: espasmos musculares, sensibilidade aguda ao som e ao olfato, aversão à luz, ao ar livre e à água.
- **AIDS (SIDA):** a síndrome da imunodeficiência humana é gerada pelo HIV, um retrovírus (vírus que apresenta RNA como material genético). Tem como sintoma a redução drástica da capacidade imunológica do indivíduo, permitindo o aparecimento de infecções oportunistas e até de cânceres. O tratamento com antirretrovirais reduz a carga viral e aumenta a longevidade do indivíduo infectado. A transmissão ocorre quando há contato de mucosas com o sangue infectado. Isso, em geral está associado a relações sexuais, podendo também ocorrer em transfusões de sangue, compartilhamento de agulhas hipodérmicas, durante parto, gravidez ou amamentação. Lágrimas e saliva não transmitem o vírus. Uma forma de prevenção ocorre por uso de preservativos na prática sexual.

# 3 – As Células Procariontes

As células procariontes são consideradas **células mais simples, didaticamente falando**. Nelas **não se visualizam organelas membranosas quando observadas microscopicamente,** apresentando-se nestes casos como uma **matriz de textura variável sem qualquer organização estrutural**. Não obstante, podemos observar em seu citoplasma a presença de estruturas proteicas como **ribossomos**.

Apesar de sua simplicidade organizacional, as células procariontes apresentam uma variabilidade de capacidades metabólicas bastante diferentes das células eucariontes, em especial devido aos nichos que ocupam.

Os seres vivos representantes deste tipo de célula são as **bactérias e as arqueas**, que apresentam enorme variabilidade (diversidade) no nosso mundo, sendo ainda em grande parte não conhecidas.

Células procariontes apresentam uma **camada protetora externa** chamada de **parede celular** que é formada por moléculas **proteoglicanas ou peptidioglicanos**, ou seja, moléculas de **polissacarídeos** (carboidratos) ligados a **proteínas**, podendo também ser formada por moléculas isoladas de carboidratos, lipídeos e proteínas. A parede celular tem como função a **proteção da célula**, garantindo a manutenção de sua forma e gerando uma **resistência** contra a pressão osmótica do ambiente – a pressão gerada pela concentração do meio líquido externo.

Envolvida pela parede celular encontramos a **membrana plasmática** e no interior desta o **hialoplasma ou citoplasma**, onde estão: o **material genético** (cromossomo bacteriano circular) livre, **sem um envoltório nuclear**; os **ribossomos (uma organela não membranosa); proteínas** e demais substâncias importantes para a vida do organismo. O material genético se concentra em uma região do citoplasma chamada de **nucleóide**. As bactérias podem apresentar **moléculas soltas de DNA circular** chamadas de **plasmídeos** que apresentam **genes** que, dentre outras funções, são responsáveis por conferir **resistência** a antibióticos, podendo também gerar condições para produção de **toxinas**. Este material pode ser passado de uma bactéria para a outra num processo chamado de **transformação bacteriana**. Um tipo de "sexo", sem reprodução do organismo.

Os **ribossomos dos procariontes** podem ser encontrados soltos no citoplasma, ou unidos em cadeia, formando **polissomos**. Em comparação com os ribossomos dos eucariontes, eles são um pouco menores - o tamanho molecular (medido em **unidade de sedimentação**) é de 70S no total, formado por uma subunidade de 50S e outra de 30S, enquanto o ribossomo eucarionte apresenta duas subunidades sendo uma de 60S e outra de 40S, com densidade total de 80S.

Algumas bactérias podem apresentar um **apêndice em forma de pelo longo** (filiforme) ou em formato helicoide que é utilizado para locomoção ou ancoragem. Este apêndice é denominado **flagelo**. É em geral formado por uma proteína chamada **flagelina**. Diferente dos flagelos eucariotos, formados por **microtúbulos** na maioria dos casos.

As funções dessas estruturas são semelhantes às funções apresentadas pelos correspondentes em células eucarióticas, como veremos a seguir. Uma exceção à **parede celular que somente se encontra em algas, fungos e em vegetais e não em células animais e que, nestes organismos, se apresentam com composição diferente**.

Veja na figura 2, abaixo, a organização de uma célula procariótica modelo.

▪

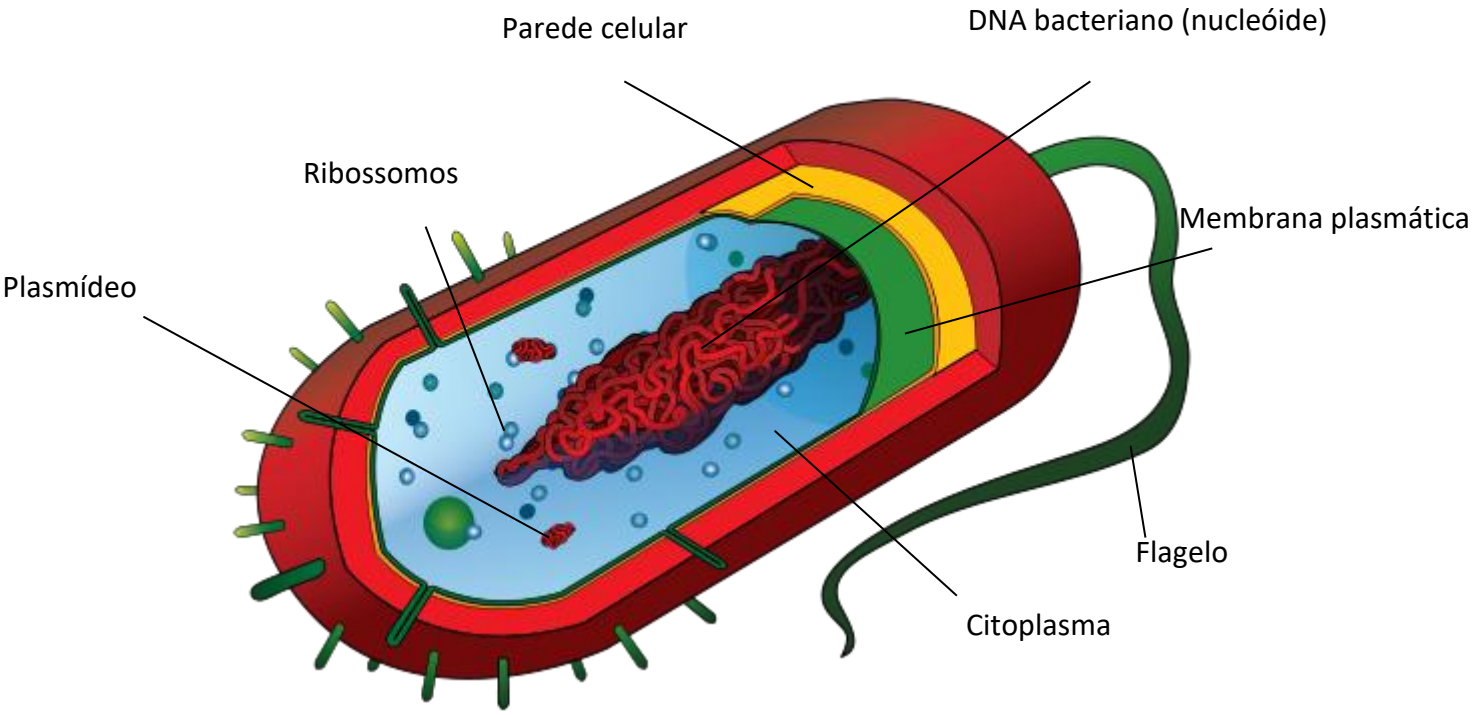



*Figura 2: Um modelo de célula procarionte: uma bactéria. Fonte https://commons.wikimedia.org/.*

**EXERCÍCIO DE FIXAÇÃO (resposta no final do livro) -1**

1. Qual das estruturas celulares abaixo é encontrada nas bactérias?

a) mitocôndria

b) complexo de Golgi

c) centríolo

d) ribossomos

e) núcleo

# 4 – As Células Eucariontes

As células eucariontes são assim denominadas devido **à presença de um envoltório nuclear** que circunda e delimita a região onde está o material genético (DNA). Este tipo de célula forma os **organismos eucariontes**, conhecidos como "organismos superiores" devido à complexidade que alcançam.

Células eucariontes apresentam grande **compartimentalização do interior celular** que é organizado por **estruturas** que apresentam **funções específicas**, conhecidas como **organelas**. Em seu interior, verificaremos a presença dos mesmos componentes de uma célula procariótica e de muitos outros mais, conforme será descrito adiante.

## 4.1 – As células vegetais e as células animais

Na figura 3 abaixo, podemos verificar uma célula eucarionte vegetal e as suas organelas, muitas das quais também presentes nas células dos animais.

**Uma grande diferença entre a célula vegetal e a animal é a presença de parede celular formada por celulose (um carboidrato) nas células vegetais, bem como a existência na célula vegetal de uma organela especial para a obtenção de energia, o cloroplasto**.

O **vacúolo** é uma estrutura celular que tem função de **osmorregulação ou de armazenamento e reserva de substâncias (como o amido)**. Ela é comum em **células vegetais**, podendo também ocorrer em células animais, como em alguns protozoários.

Algumas células vegetais **não apresentam o centrossomo**, uma estrutura proteica que organiza os microtúbulos.

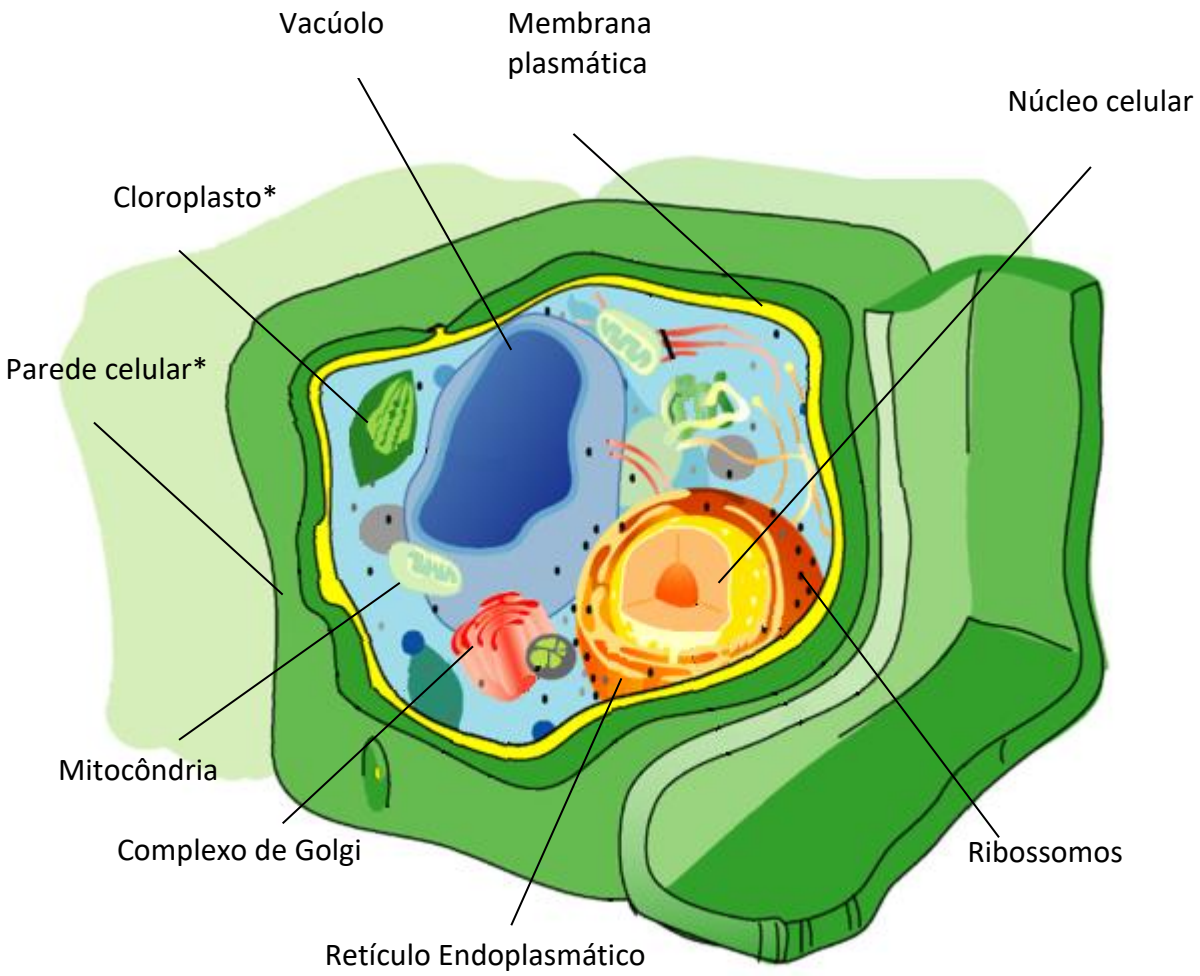



***Figura 3: modelo de célula eucarionte vegetal. Todas as organelas com exceção do cloroplasto e da parede celular estão presentes nas células animais. Fonte https://commons.wikimedia.org/.***

## 4.2 – Membrana plasmática

A membrana plasmática é o **envoltório que circunda a célula**, separando o seu conteúdo do meio externo. Ela é composta por uma **dupla camada de fosfolipídios**, que são estruturas químicas que apresentam uma longa cadeia de carbonos de natureza **hidrofóbica (formada por ácidos graxos)** – que não se mistura com a água – ligadas a uma **"cabeça" hidrofílica** – que se mistura com a água - contendo um grupo químico não lipídico composto por um átomo de fósforo (grupo fosfato); daí a sua denominação (figura 4).

Estes componentes quando em grandes quantidades em um meio líquido aquoso (com bastante água), tendem a se unir formando uma **estrutura esferoide** (em formato de esfera). Para entender isso, imagine pingar uma gota de óleo em um recipiente contendo água. O óleo tende a formar esferas devido à sua natureza hidrofóbica (*hidro* – água; *fóbico* – vem de fobia, aversão a algo, medo). As esferas formadas por grandes quantidades de fosfolipídios apresentarão a porção hidrofóbica voltada para seu interior e a porção hidrofílica (*hidro* – água; *filia* – vem de filo, amigo de, relacionado a) voltada para o meio externo, quando em meio aquoso.

O modelo atual da estrutura da membrana plasmática foi determinado por Singer e Nicholson, que propuseram que esta membrana consistia em uma **dupla camada de fosfolipídios**, embebida na qual se encontravam **proteínas e glicolipídios**. Eles acreditavam que por apresentar **natureza fluida**, as proteínas e demais componentes da membrana estariam constantemente mudando de lugar, em movimento, gerando uma imagem semelhante a um **mosaico**. Daí o nome: **mosaico fluido** (Figura 5). Com o desenvolvimento de técnicas de microscopia eletrônica de transmissão, foi possível se verificar que o modelo proposto pelos pesquisadores era consistente com a realidade.

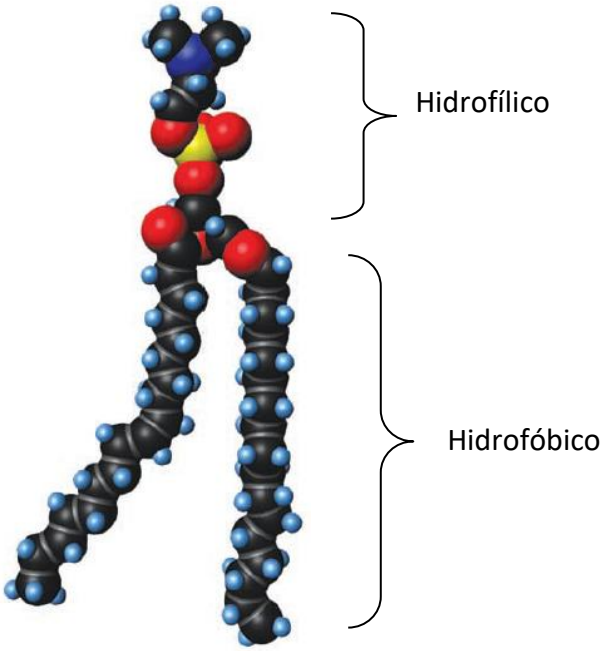



***Figura 4: Exemplo de um fosfolipídio. As esferas representam átomos. As esferas pretas são átomos de carbono. As esferas vermelhas, átomos de oxigênio. A esfera amarela representa um átomo de fósforo. Modificado de Martini, F. Fundamentals os anatomy and physiology; 10ed. 2014.***

A membrana plasmática apresenta os **fosfolipídios dispostos em dupla camada,** com suas porções hidrofílicas na superfície e as longas cadeias de carbono voltadas para a região interior. Embebidas em meio a esta camada, encontram-se moléculas de proteínas, glicoproteínas, glicolipídios e esteroides, como o colesterol.
A região hidrofílica pode apresentar diferentes radicais, os quais tem função estrutural e podem gerar regiões especiais na membrana.

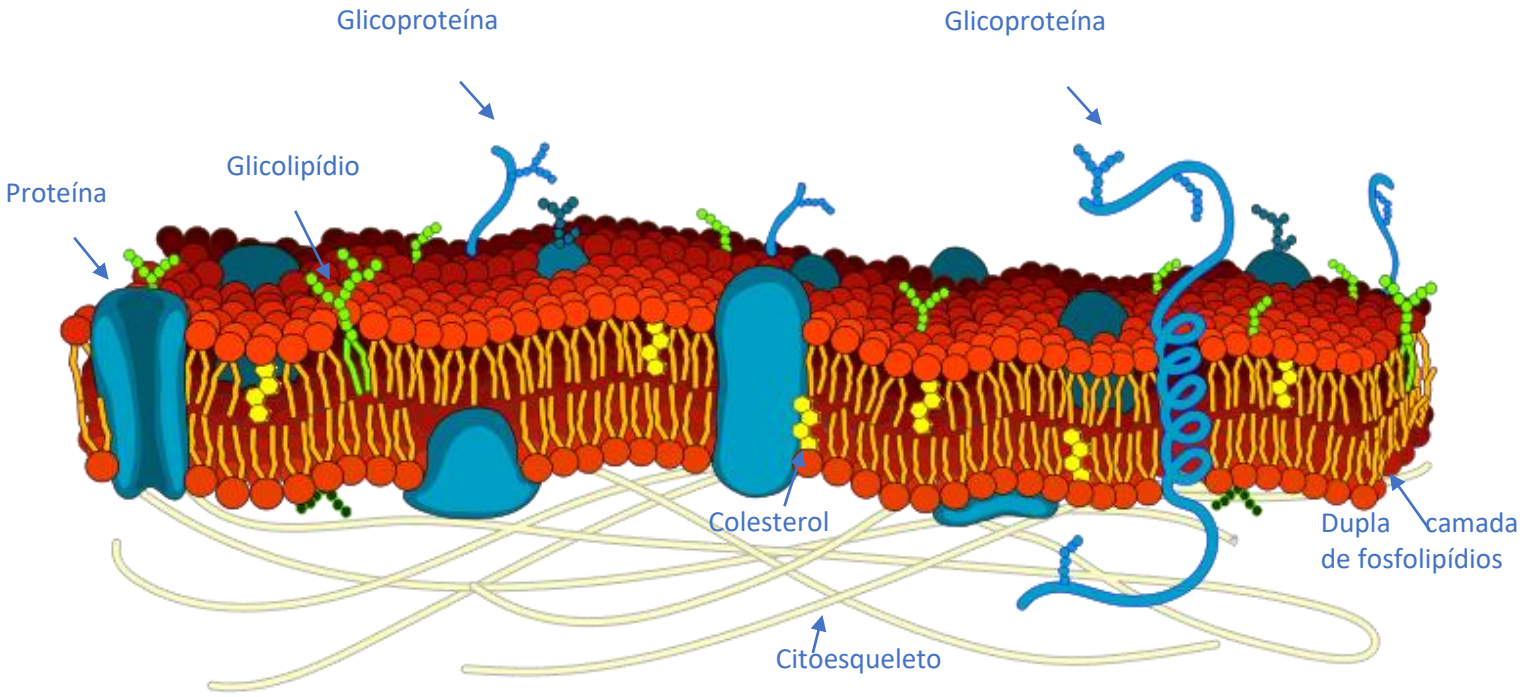



*Figura 5: representação do mosaico fluido da membrana plasmática. Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki.*

A membrana plasmática tem como funções principais:

1. **Comunicação com o ambiente externo**.

A membrana, devido ao seu contato com o meio externo, é a primeira parte da célula que é afetada por mudanças deste meio, como pH e concentração salina. Ela apresenta sistemas para reconhecimento de sinais externos provenientes de outras células como, por exemplo, receptores proteicos.

2. **Isolamento físico**.

Com a finalidade de manter o meio interno estável, a membrana celular funciona como uma barreira física que impede que os componentes celulares saiam da célula para o meio externo. Íons e solutos em meio aquoso também se mantém fora, ou dentro da célula devido a esta barreira.

3. **Regular as trocas com o meio externo**.

A membrana plasmática tem **permeabilidade seletiva**, ou seja, ela **controla** a entrada de nutrientes e íons a partir do meio externo.

4. **Suporte estrutural**.

Conexões intermembranares e intercelulares geram suporte para os tecidos, conferindo-lhes sustentação.

Os componentes da membrana apresentam funções essenciais, em geral relacionadas à comunicação com o meio externo. Neste contexto teremos:

a) **Colesterol**: presente em grande quantidade na membrana, ele a **torna menos fluida** e **menos permeável**.

b) **Proteínas**: podem estar integradas à membrana – proteínas **transmembranares** – ou aderidas à sua superfície interna ou externa (como "imãs de geladeira"); apresentam como funções:

a. **Ancorar** a membrana no citoesqueleto;

b. **Reconhecer** outras células – glicoproteínas são os principais fatores para reconhecimento intercelular.

c. Catalisar reações como quebra de substratos – **ação enzimática**.

d. **Receber sinais externos** e transmiti-los para dentro da célula.

e. **Transportar substâncias** para o interior ou para fora da célula, de **forma ativa** – com gasto de energia na forma de **transportadores** – e de forma passiva por meio de **canais**.

CURIOSIDADE

Um exemplo de função proteica é a presença de receptores para determinadas substâncias tóxicas nos nossos neurônios. Estes receptores ao entrarem em contato com estas substâncias provocam uma cascata de reações dentro da célula, podendo estimula-la a entrar em ação. Isto é o que ocorre quando uma pessoa consome alguma droga. O Delta-9-tetra-hidrocanabinol (THC) presente na *Cannabis sativa* (maconha) liga-se a receptores de canabinoides do tipo CB1, presente em diversas áreas do cérebro. Quando alguém consome este entorpecente, o THC entra na corrente sanguínea pela circulação pulmonar e atinge diretamente o cérebro, ativando os neurônios que tem este receptor. Esta ativação provoca, por exemplo, as reações de redução de dor e aumento de apetite.

c) **Carboidratos (glicoproteínas, glicolipídios, proteoglicanos)**: formam o **glicocálice, ou glicocálix,** que tem como função formar uma **camada viscosa protetora** na superfície externa da membrana, promovendo especificidade em ligações com outras substâncias e o **reconhecimento celular**. Neste último caso, o glicocálix - que é determinado geneticamente - é reconhecido por células do sistema imune, permitindo que as células de defesa façam a distinção entre uma célula do próprio corpo ou uma célula exógena e potencialmente patogênica.

## 4.2.1 – O transporte de substâncias pela membrana.

A membrana apresenta **permeabilidade seletiva**, ou seja, ela permite a passagem de algumas substâncias e bloqueia ou controla a passagem de outras (por isso a classificação: semipermeável). O transporte pode ocorrer de **forma ativa ou na forma passiva**.

O transporte **ativo primário** de substâncias ocorre **com gasto (ou consumo) de energia** pela célula.
O transporte **ativo secundário** ocorre dependendo de gradientes gerados pelo transporte ativo primário, ou seja, indiretamente gasta energia.
O transporte **passivo** ocorre **sem esse dispêndio de energia**.

### 4.2.1.1 Transporte passivo

O **transporte passivo** pode ocorrer quando gases como $O_2$ e o $CO_2$, ou moléculas como a **água** se movimentam através da membrana das seguintes formas:

1. **Difusão simples**: processo físico no qual as substâncias passam **de uma região mais concentrada para a menos concentrada**. Ocorre lentamente, **de acordo com o gradiente de concentração (a favor dele)**. Substâncias como **água, esteroides, ácidos graxos (gorduras), álcool, gases como gás carbônico e oxigênio,** entram e saem livremente na célula através da membrana plasmática por meio deste processo. Diferentemente, íons como $Cl^-$ e $Na^+$ têm baixíssima permeabilidade.

2. **Difusão por canais proteicos e difusão facilitada**: permitem a passagem **de íons** e de **água**. No caso da **difusão facilitada**, há passagem de **glicose e aminoácidos** por receptores transmembranares, no sentido de fora para dentro da célula, que funcionam como **portões** que **nunca geram uma abertura contínua entre os meios interno e externo.** Quando uma molécula de glicose é colocada no interior da célula, a abertura externa do receptor proteico **se fecha** para o lado de fora. Este tipo de transporte, nas células musculares e nas células que armazenam gordura (adipócitos), ocorre com o estimulo da **insulina, um hormônio produzido no pâncreas**.

3. **Osmose**: trata-se de um caso **especial de difusão**. Neste caso, estamos tratando da **movimentação da água**, exclusivamente. A osmose **ocorre quando a água se movimenta de um meio menos concentrado para um mais concentrado**, objetivando igualar as concentrações finais e totais de solutos. Nestes casos, caso uma célula seja colocada em um meio que se apresente com elevada concentração salina ou baixa concentração de água (**hipertônico**), a água irá migrar da célula (meio menos concentrado) para o meio externo fazendo com que a **célula murche**, tornando-se **plasmolisada**. Caso isso ocorra em uma célula vegetal, a membrana plasmática pode se separar da parede celular. Caso seja colocada em meio **hipotônico**, ou seja, com baixa concentração de soluto, a célula apresentará seu interior mais concentrado do que o meio externo e a água migrará para seu interior, tornando-a **túrgida** (**inchada**).

Importante notar que este tipo de transporte depende da existência de um **gradiente de concentração**, ou seja, depende de **concentrações diferentes** entre o meio interno e externo da célula.

### 4.2.1.2 Transporte ativo

Nos casos de **transporte ativo primário**, quando há gasto ou consumo de energia pela célula, teremos:

1. **As bombas de sódio e potássio (ATPase de sódio e potássio)**: são proteínas em forma de **canais** que atuam no transporte simultâneo de **íons de sódio e de potássio**, fazendo com que os **íons de sódio saiam das células e os de potássio entrem**. Para cada **três íons de sódio retirados**, **dois** de **potássio** são **recolocados** no interior da célula. Isto ocorre, pois a concentração **externa** de **sódio** (no meio extracelular) é **maior** do que a interna, o que gera a difusão destes íons para o interior da célula, mesmo que lentamente. Com o **potássio**, ocorre o oposto. Sua concentração é **maior no citoplasma** (meio interno ou intracelular), fazendo com que ele sofra difusão para o meio externo. A bomba, então, ajusta estas concentrações, atuando contra o efeito gerado pelo gradiente de concentração. Essa bomba proteica tem **importante** atuação nos processos de **repolarização** da **membrana**, como estudaremos adiante.

2. **Endocitose**: trata-se da internalização de substâncias do meio exterior, que ocorre por meio de **vesículas transportadoras**, denominadas, genericamente, de **endossomos**. Ocorre de três formas:
    a. **Fagocitose:** a célula é estimulada pela presença de uma **substância alvo sólida**, que pode ser restos de célula morta, patógenos externos, bactérias e vírus. Esse estímulo faz com que a membrana se expanda em direção à substância alvo, englobando-a com estruturas denominadas **pseudópodes** (ou pés falsos), gerando então uma vesícula denominada **fagossomo** (figura 6), interiorizada. Esta vesícula se liga a lisossomos e destrói (ou **digere**) a substância alvo.

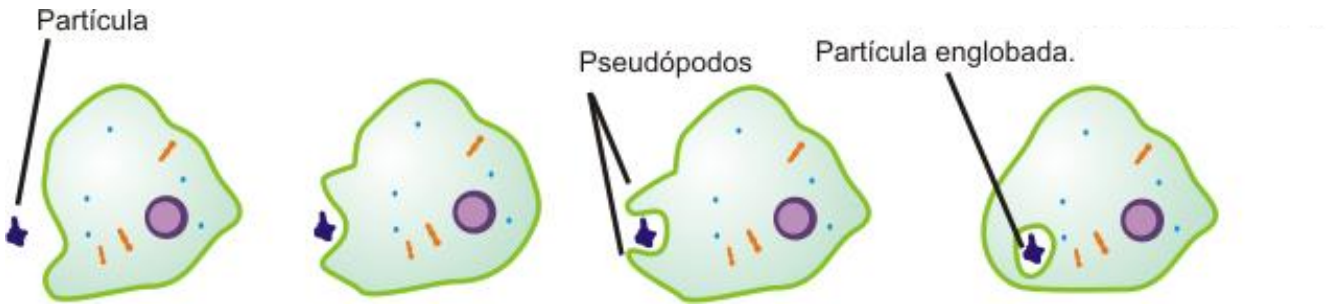



*Figura 6: o processo de fagocitose. Modificado de - Autor: Rodrigo Nishino. Fonte https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fagocitose.png.*

    b. **Pinocitose:** em geral está relacionada à entrada de porções **líquidas** do meio externo na célula, contendo nutrientes dissolvidos (figura 7). Ocorre pela formação de vesículas a partir da superfície da célula. A vesícula formada é chamada de **pinossomo**. Pode ser observada em células no epitélio intestinal, quando absorvem material digerido.

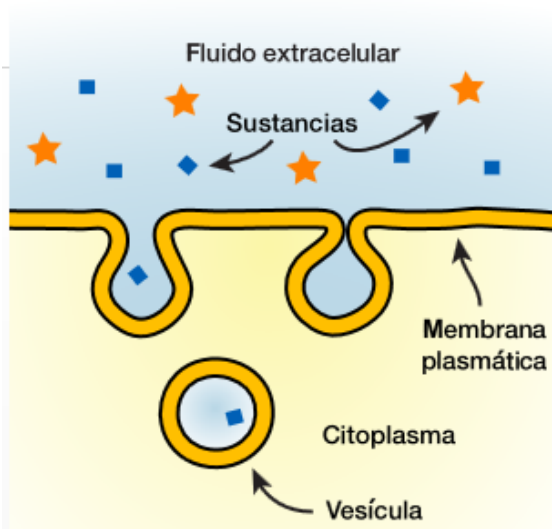



*Figura 7: O processo de Pinocitose. Modificado de - Fonte: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/30/Pinocitosis.svg*

c. **Endocitose mediada por receptores:** substâncias se ligam **às proteínas receptoras** na porção externa da célula, fazendo com que ocorra uma **invaginação da membrana,** que forma as vesículas (endossomos) contendo as substâncias ligadas aos receptores. Estes endossomos, em sua maioria, **se ligam a lisossomos**, promovendo a liberação das subunidades digeridas no citoplasma (interior da célula) (figura 8). O endossomo então retorna à superfície da membrana plasmática e se funde a ela, externalizando novamente os receptores proteicos.

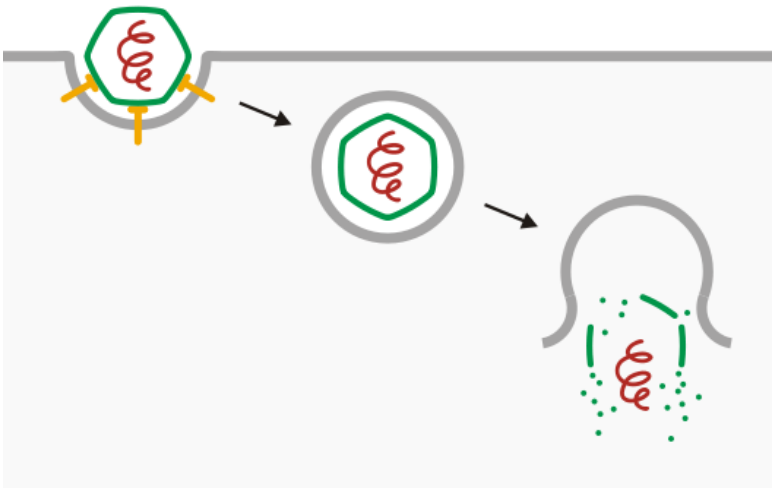


*Figura 8: O processo de Endocitose mediana por receptores. No caso, um vírus é reconhecido pela célula, que o internaliza e destrói seu envoltório. Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Viral_entry_%28Endocytosis_and_lysis%29.svg.*

Um exemplo de célula humana que faz fagocitose é o **macrófago**, um tipo especializado de leucócito (*leuco* – branco + *cito* – célula = células brancas do sangue). Esta célula está presente nos nossos tecidos, fazendo parte de nosso sistema imune.

Um último tipo de transporte membranar que trataremos é a **Exocitose**. Ela é o processo **reverso da Endocitose**. Nela, vesículas geradas no interior da célula (em especial pelo **Complexo de Golgi,** contendo produtos a serem secretados (*ex*. hormônios, lipoproteínas, enzimas)), são **fundidas à membrana celular**, externalizando o seu conteúdo. Estas vesículas podem também conter produtos da digestão de patógenos (como vírus e bactérias). Estes são englobados por células de defesa no processo de fagocitose; são então **destruídos quimicamente** (num processo chamado de **digestão**) e os restos desta destruição são eliminados por exocitose.

Um exemplo de células que praticam constantemente este procedimento pode ser observado nas células epiteliais que margeiam os capilares – vasos de pequeno calibre por onde o sangue circula, próximo das células dos tecidos. Nestas células, os nutrientes e gases presentes no sangue passam por Pinocitose para o seu interior e são exocitadas para os tecidos adjacentes.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO – 2 e 3

2. Qual das alternativas abaixo apresenta as principais funções da membrana plasmática de célula eucariótica?

a) respiração, produção de esteroides, isolamento.

b) comunicação, produção de proteínas receptoras, suporte estrutural.

c) comunicação e regulação de trocas com o meio externo, isolamento físico e produção de energia.

d) comunicação e regulação de trocas com o meio externo, isolamento físico e suporte estrutural.

e) produção de fosfolipídios, comunicação intersistêmica, trocas gasosas com o meio.

3. Qual das alternativas abaixo é falsa?

a) A fagocitose é um tipo de transporte ativo, praticada por macrófagos presentes em nosso sistema imune.

b) A pinocitose é um processo passivo de internalização de substâncias líquidas.

c) O processo de difusão é um processo físico que independe de dispêndio energético da célula.

d) Osmose é um processo passivo de movimentação de água de acordo com um gradiente de concentração.

e) A endocitose mediada por receptores depende de ATP.

## 4.2.2 – Diferenciações da Membrana Plasmática e junções celulares.

A membrana plasmática pode apresentar expansões e adesões proteicas que geram regiões especializadas, que realizam funções específicas. Essas alterações são comumente chamadas de diferenciações de membrana.

As **microvilosidades** são um exemplo de **diferenciação** da superfície da membrana plasmática, representadas por **prolongamentos de membrana** gerados pelo citoesqueleto. Estas estruturas estão presentes em células que apresentam **função de absorção**, como as células da **mucosa intestinal** (figura 9), já que elas promovem um aumento da sua área de superfície, portanto, **gerando um aumento de área** disponível para absorção.

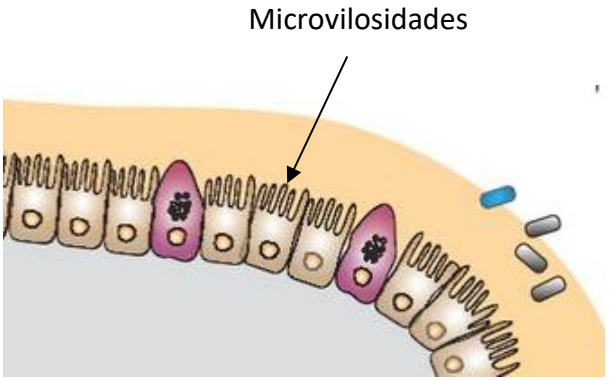



*Figura 9: esquema mostrando a superfície do epitélio intestinal. Veja que as células apresentam microvilosidades na sua superfície. Fonte Wikicommons.*

### 4.2.2.1 Junções celulares

Junções celulares são estruturas presentes nas membranas plasmáticas que unem células vizinhas. Vejamos algumas delas.

O **desmossomo** é uma região onde se concentram **estruturas do citoesqueleto** e onde há **conexão e aderência** entre células vizinhas (figuras 10 e 11).

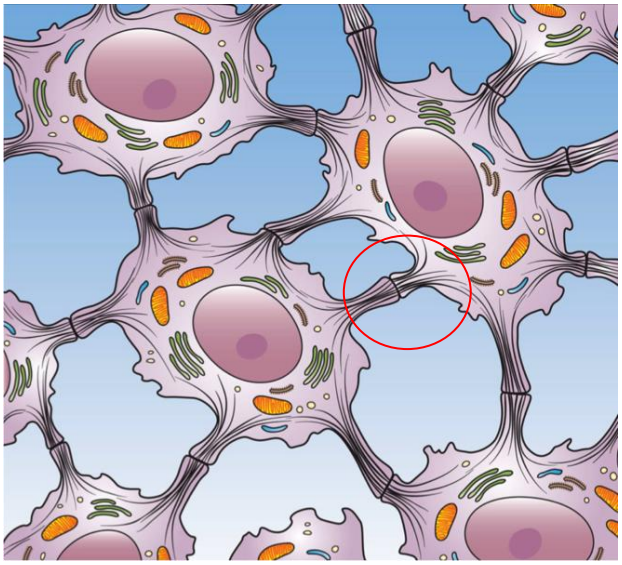


*Figura 10: Em destaque no desenho, os desmossomos unindo as células de um epitélio. Fonte wikicommon. Autor Holly Fischer.*

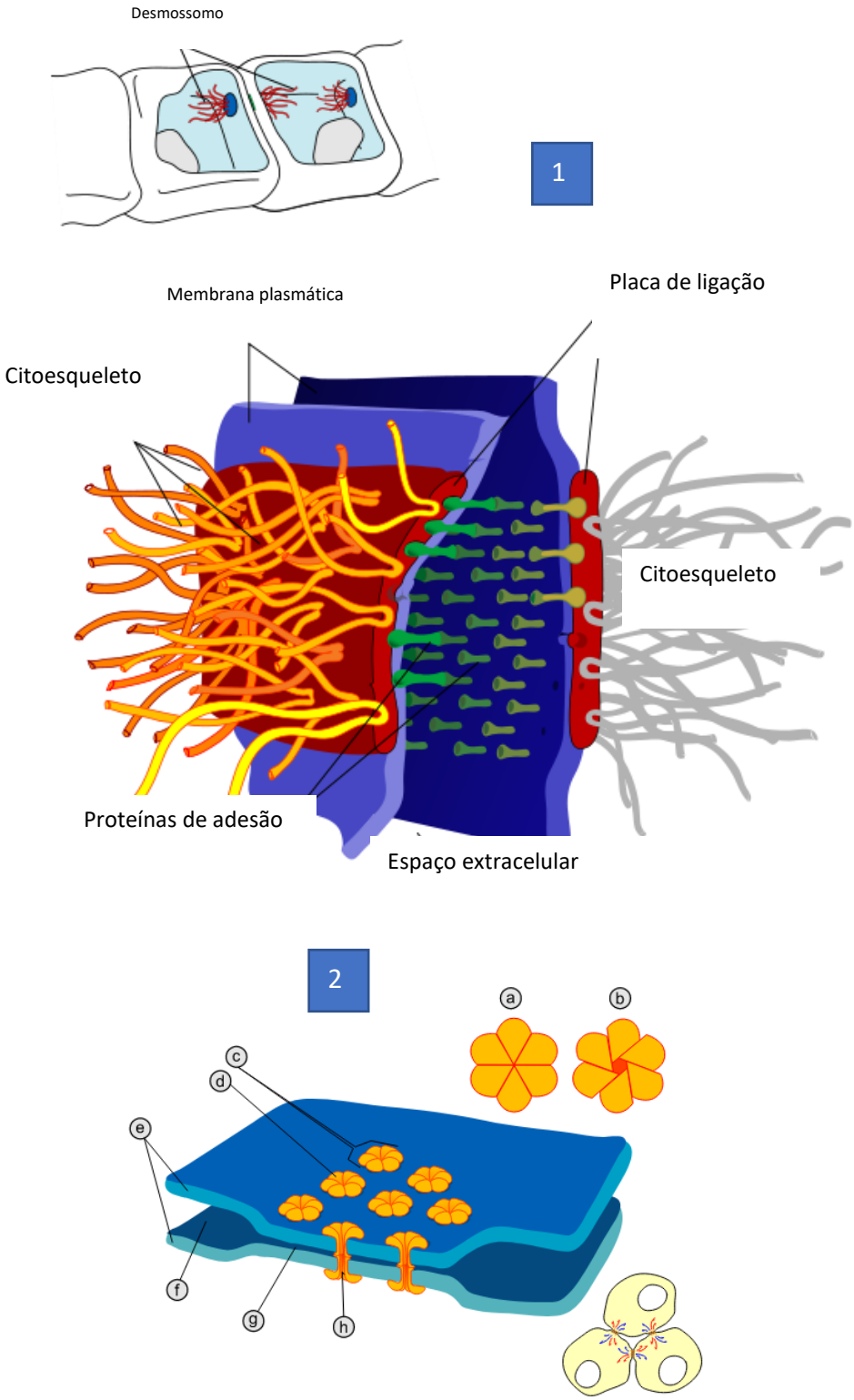



*Figura 11: Um desmossomo em detalhe (acima - 1). O desenho mostra as proteínas do citoesqueleto ligadas a ele. Autor Mariana Ruiz. Fonte Wikicommons. Abaixo (2), uma junção comunicante, onde temos um canal fechado (a), um canal aberto (b), um conexon (c), uma conexina (d), as membranas plasmáticas das células vizinhas (e), o espaço intercelular (f) e seu encurtamento medindo de 2 a 4nm (g) e o canal hidrofílico (h).*

Os desmossomos são considerados uma estrutura representante das **junções celulares**. Eles **fixam fisicamente** células vizinhas.

São muito comuns em **células epiteliais**, que revestem aberturas do corpo. São formados por proteínas chamadas **placoglobinas** e **desmoplaquinas** que formam duas placas situadas uma em cada célula que esta estrutura conecta. Destas placas partem proteínas chamadas de **desmogleínas** e **desmocolinas** que unem fisicamente as células, conectando-se aos filamentos intermediários de **queratina** no citoesqueleto. O desmossomo funciona como se fosse um **botão de pressão** entre duas células, fixando-as unidas.

Eles fazem parte de um tipo de junção classificada como **junção** de **ancoragem**.

As **junções de aderência** são tipos de junção de ancoragem, semelhantes aos desmossomos mas que se ligam a filamentos de **actina.** Importante não confundir desmossomos com **hemidesmossomos**. Estes últimos são **meio desmossomos** que ao invés de ligar duas células, conecta as células do tecido à **lâmina basal**, uma região que marca a base dos tecidos epiteliais formada por proteínas e carboidratos.

Outro tipo importante de junção celular são as **junções comunicantes** ou ***gap junctions*** (figura 11). Elas apresentam **placas perfuradas formadas por proteínas chamadas de conexinas** que interligam as células, permitindo que **trocas** de algumas substâncias (como íons) ocorram entre elas. De fato, este tipo de junção gera uma conexão citoplasmática entre as células, propiciando a formação de um **conjunto funcional**. Podem ser encontradas em praticamente todas as células do corpo que apresentam algum tipo de contato com outra célula. Quando ocorrem entre neurônios formam as **sinapses elétricas**.

Tecidos epiteliais que necessitam de vedação separando meios internos e externos podem apresentar ainda um tipo de junção chamada de **junção oclusiva**. Estas junções funcionam como **costuras** na membrana plasmática, gerando uma **cinta** ao redor da célula que forma dois microambientes: um externo e um interno. Isso permite ainda a separação de **zonas da membrana plasmática**, que podem apresentar diferentes composições de proteínas transmembranas. São comumente observadas no **epitélio intestinal.**

## 4.2.3 Propriedades elétricas da membrana plasmática.

A permeabilidade seletiva e a capacidade de isolar eletricamente o ambiente intracelular do extra celular geram a habilidade da membrana plasmática de manter **gradientes elétricos** nestes microambientes, causados por diferentes concentrações iônicas. Nestes casos, participam principalmente **os íons $K^+$ e $Na^+$** (potássio e sódio). **Estas diferentes concentrações geram diferenças de cargas entre o ambiente externo e interno o que favorece o desenvolvimento de um potencial elétrico. Este potencial é chamado de potencial de membrana, sendo tipicamente referido como potencial de repouso.** Este potencial elétrico pode ser medido, apresentando voltagens que variam de -20mV a até -200mV, dependendo do tipo de célula.

Conforme explicamos anteriormente, a manutenção de íons $Na^+$ fora, e dos íons $K^+$ dentro das células ocorre por atuação de **bombas de sódio e potássio**. Estas bombas garantem indiretamente a manutenção deste potencial de repouso, podendo atuar no seu reestabelecimento quando ocorre eventualmente uma despolarização.

A movimentação de íons sódio e potássio pode ser mediada por **canais proteicos que têm capacidade de se abrir e se fechar** como verdadeiros portões, podendo ser ativados por **variações de voltagem**, **ativação mecânica** ou por **ligação de ativadores químicos** (podendo estes serem neurotransmissores provenientes de dentro e de fora da célula, por exemplo).

A abertura desses canais devido a variações de voltagem - chamamos estes canais de **voltagem dependentes** - gera a movimentação de íons a favor dos gradientes de concentração, fazendo com que a relação de cargas se altere. Essa movimentação despolariza a membrana plasmática, formando o **potencial de ação** em células cujas membranas são excitáveis, como os neurônios e os miócitos (músculos).

Este potencial é também chamado de **impulso nervoso**. Ele pode se deslocar em grande velocidade (de mais de 100m/s) pelos axônios das células neuronais, transmitindo "informação" na forma de impulso elétrico para outras células.

**Potencial de ação** é a maneira como os neurônios transmitem seus sinais.

O **potencial elétrico típico de repouso é da ordem de cerca de -70mV** (menos setenta milivolts).

### 4.2.3.1 Formação do potencial de ação – células nervosas e membranas excitáveis

Quando canais de sódio se **abrem**, a depender do tamanho da área coberta por canais que foram ativados, teremos uma **despolarização local da membrana**. Esta despolarização ocorre de forma gradual, ou seja, existe um **gradiente de despolarização (ao redor da área excitada).** Quanto **mais distante** da região que teve os canais abertos, **mais normalizada** (próximo de -70mV) é a diferença de potencial.

Isto ocorre porque existe uma **resistência química e elétrica** à movimentação dos íons, além do funcionamento das bombas de sódio e potássio que agem reestabelecendo as concentrações iniciais destes íons, jogando sódio para fora da célula e trazendo o potássio de volta para o citosol.

O que acontece é que quando ocorre **um estímulo**, por exemplo, na **extremidade de um dendrito (um prolongamento da célula nervosa)**, este gera a **abertura de canais de sódio, permitindo a entrada deste íon na célula, despolarizando** a membrana plasmática (**alterando sua carga elétrica até que se atinja um equilíbrio próximo de +50mV**) e ativando a **abertura** de mais canais dependentes de voltagem (**voltagem dependentes**). Assim o estímulo viaja (**é propagado**) pela membrana do neurônio, passando pelo axônio e atingindo outras células.

Um dos princípios que rege a formação do potencial de ação é o de que ele não seja gerado caso o **estímulo não despolarize a membrana até um mínimo** (**limite**). Este princípio se chama **Princípio do tudo ou nada**. Todas as membranas excitáveis funcionam desta forma.

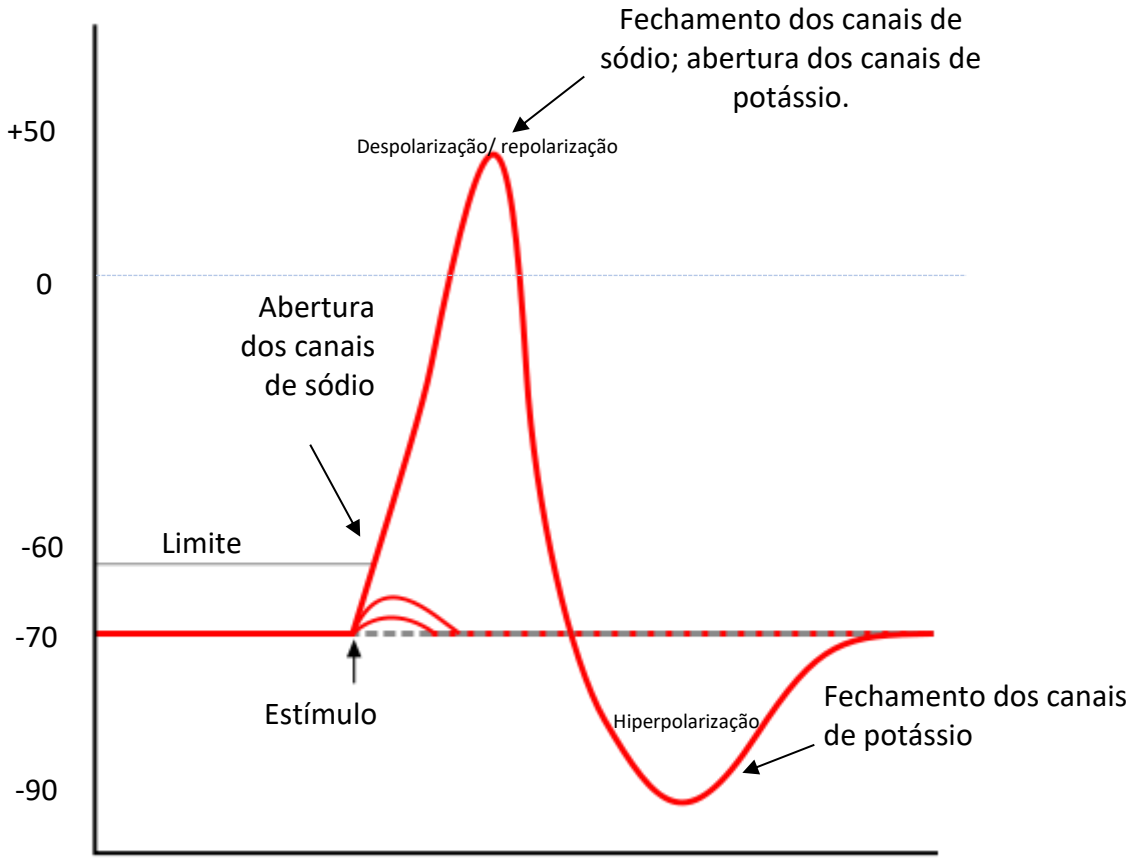
Em resumo, o **potencial de ação ocorre em quatro fases**:

1. Um estímulo gera **abertura dos canais de sódio** (nos canais de sódio voltagem dependente, quando a diferença de potencial atinge -60mV, eles se abrem);
2. O **sódio entra na célula** despolarizando completamente a membrana (entre +30mV e +50mV);

3. Com a despolarização, os **canais de sódio se tornam inativos** e os **canais de potássio se abrem** fazendo com que este **íon saia da célula**;
4. Quando o potencial volta a um valor próximo ao seu valor de repouso (-90mV), **os canais de potássio e de sódio se fecham**.

Note que os canais de sódio podem se apresentar em três estados: aberto, fechado e inativo. Nestes dois últimos, há impedimento da passagem do íon.

O gráfico abaixo representa essa variação do potencial elétrico da membrana.




O potencial de ação pode se **propagar de duas formas**:

- **Contínua:** a despolarização **gradual ativa os canais adjacentes**.

- **Em saltos:** Ocorre nos **axônios mielinizados** (dotados **de bainha de mielina; axônios são prolongamentos de células nervosas**). Observa-se no **Sistema Nervoso Central e no Sistema Nervoso Periférico.** O que ocorre é que a bainha de mielina oferece muita **resistência** à passagem dos íons. Portanto, quando a despolarização ocorre no terminal de um axônio, ela gera uma corrente de íons internamente na célula que irá ativar somente os canais nas regiões situadas entre as bainhas (estas regiões são chamadas de **nódulos de Ranvier**). Como estes nódulos se distanciam uns dos outros, os **impulsos são propagados por saltos**. Em geral eles são **mais rápidos do que os impulsos contínuos** e menos custosos energeticamente, já que menos bombas de sódio e potássio são ativadas.

Os impulsos nervosos serão, então, transmitidos pelos axônios e deverão ser **retransmitidos para outros neurônios ou células de outros órgãos, como músculos por exemplo**. A região onde um terminal de axônio de encontra com outro ou com a membrana de um órgão é chamada de **sinapse**.

Podemos encontrar **dois tipos de sinapses**:

- **Sinapses elétricas**: as membranas das células são **ligadas fisicamente** por estruturas de membrana como as **junções gap ou junções comunicantes**. O impulso passa rapidamente entre as células, não podendo ser barrado, em condições normais.
- **Sinapses químicas**: **não há, em geral, ligação física entre as células que a compõem**. Portanto, o impulso pode ser barrado pela célula pós-sináptica (que irá receber o sinal). Elas funcionam por ação de **neurotransmissores**. O mais comumente estudado é a **Acetilcolina.** Nestas sinapses, ao chegar o potencial de ação na região terminal do axônio pré-sináptico (aquele que carrega o sinal), **haverá liberação do neurotransmissor** na fenda sináptica, que será recolhido por proteínas de membrana chamados de **receptores** presentes na célula pós-sináptica. O efeito que esta captação de neurotransmissor vai gerar pode depender do tecido e da célula. Pode-se ter **ativação da célula (despolarização) ou inibição (hiperpolarização) de alguma atividade**, gerando supressão de potenciais de ação. Importante notar que **o mesmo neurotransmissor pode gerar diferentes respostas, a depender da célula pós-sináptica.**

## 4.3 – O Citoplasma e as Organelas

A **porção interna da célula**, isto é, a porção que fica contida pela membrana plasmática é chamada de **citoplasma** (figura 12).

Ele pode ser divido em **citosol (ou hialoplasma), organelas e citoesqueleto**.

O **citosol** é a porção **líquida do citoplasma**, que apresenta a consistência de um gel fluido (trata-se de um coloide). Apresentam-se nele diluídos gases da respiração, nutrientes, íons como o potássio, e proteínas. Sua composição é diferente do meio externo (extracelular).

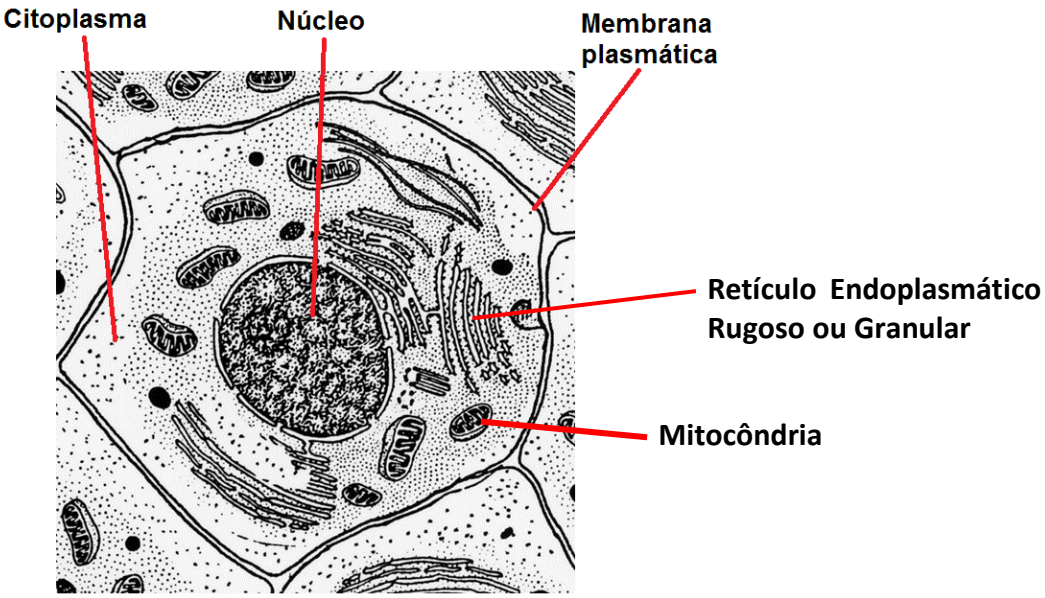



*Figura 12: Esquema de uma célula eucariótica. Entre o núcleo e a membrana, há o citoplasma, composto pelo citosol e pelas organelas. Fonte : https://commons.wikimedia.org.*

As **organelas** são estrutura que apresentam funções biológicas específicas. Podem ser classificadas como organelas membranosas e organelas não membranosas. Muitas são formadas por complexos de membranas que **setorizam** a célula.
Alguns autores consideram o termo **organela** somente para estruturas envolvidas por membranas que realizam funções específicas.

## 4.3.1 Estruturas Celulares (organelas) Não Membranosas

### 4.3.1.1 – Citoesqueleto

Funciona como o esqueleto da célula, promovendo **sustentação** para sua estrutura fluida, tendo ainda a função de **organização metabólica,** alocando, por exemplo, ribossomos e moléculas de RNA envolvidos na síntese de proteínas. O citoesqueleto é composto por teias intercelulares de **microfilamentos, microtúbulos e filamentos intermediários**. Encontra-se distribuído por todo o interior da célula (figura 13), podendo alterar sua posição de acordo com a necessidade espacial. Isso é importante, pois o citoesqueleto é uma **estrutura dinâmica** que pode se **reorganizar alterando a forma da célula**. **Células procariontes** apresentam citoesqueleto composto por proteínas diferentes daquelas que compõe o citoesqueleto dos eucariontes.

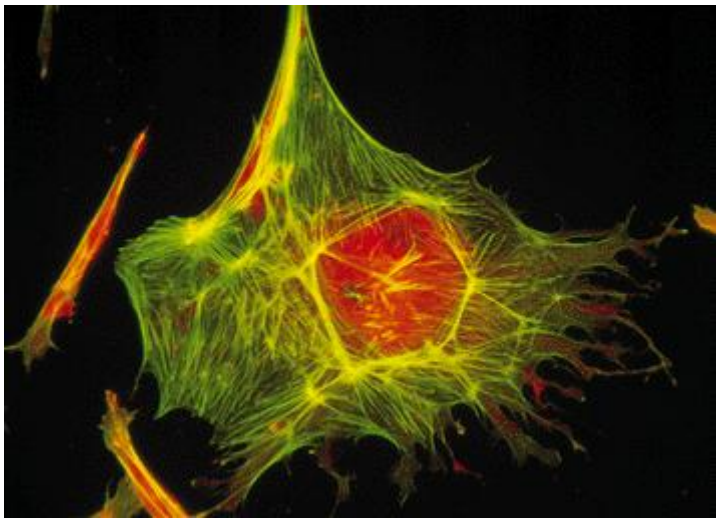


***Figura 13: Imagem de uma célula, na qual se encontram marcados os filamentos do citoesqueleto em amarelo. Autor: Alice Avelino. Fonte:*** **https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Citoesqueleto.gif.**

### 4.3.1.1.1 – Microfilamentos, Microtúbulos e Filamentos Intermediários

Os **microfilamentos** são compostos por polímeros organizados em dupla fita helicoidal de uma proteína denominada **Actina**. Sua função é gerar a **consistência do citoplasma, ancorar o citoesqueleto e promover movimento** por meio da interação com a proteína **Miosina**. Estas proteínas são muito importantes para a **contração muscular**. Elas se organizam em **agrupamentos lineares**, **redes bidimensionais e géis tridimensionais.** Podemos encontrar microfilamentos próximos à membrana plasmática, no "**córtex**" das células. São difíceis de esticar, mas se quebram facilmente.

Os **microtúbulos** são estruturas longas organizadas em **cilindros ocos**, compostas por uma proteína chamada **Tubulina**. São estruturas **tubulares**, sendo os maiores componentes do citoesqueleto. Estão relacionados aos processos de **divisão celular** que veremos mais à frente. Eles são importantes para **manter o formato da célula** e funcionam como verdadeiros **trilhos** sobre os quais se **movem vesículas** e outras **organelas**. O **centro de organização dos microtúbulos** nas **células animais** é o **centrossomo, onde encontramos tipicamente terminações (extremidades) destes filamentos proteicos**. Ele se localiza **próximo ao núcleo**. Ele se encontra ao redor de estruturas chamadas **centríolos** (figura 14), os quais são formados por estruturas cilíndricas de proteína **tubulina**, que se dispõem perpendicularmente. Microtúbulos estão presentes nos **cílios e flagelos**, que são modificações celulares que promovem o movimento do meio externo. Os microtúbulos são rígidos e fortes.

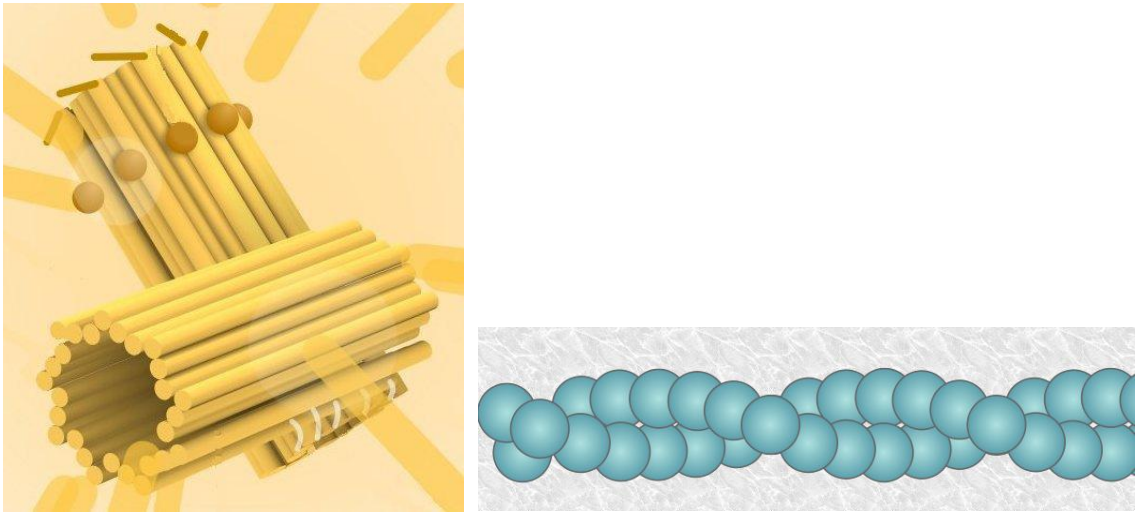


***Figura 14: Os centríolos, formados por "fibras" de tubulina, envolvidos na divisão celular (esquerda). À direita, um polímero de actina e sua conformação helicoidal. Autor Kevinsong. Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Diplosoma.jpg.***

Microtúbulos e microfilamentos se formam por um processo chamado de **nucleação.** Este processo necessita que um **agregado de subunidades de actina ou de tubulina seja formado (núcleo)** para que outras subunidades se juntem formando os filamentos. Quando os núcleos se formam, em geral pela ação de outras proteínas - como a **gama tubulina** no caso do microtúbulo - o processo de alongamento ou de polimerização destes filamentos ocorre rapidamente. Importante sabermos que ambos os filamentos de actina e microtúbulos **crescem por meio de adição de subunidades nas suas extremidades livres**. De fato, estes filamentos apresentam-se **polarizados**, ou seja, apresentando **uma extremidade que cresce** por adição de subunidades - chamada de **positiva** - e outra que diminui por **perda de subunidades** - chamada de **negativa**. Em ambos os casos, **há gasto de energia** por hidrólise de ATP (actina) ou de GTP (tubulina). No caso dos microtúbulos, nas células animais, as extremidades que perdem subunidades se encontram no **centrossomo** que fica **próximo do núcleo celular**, onde observamos grande concentração de proteína gama tubulina. A partir desta região, os microtúbulos se desenvolvem, polimerizando-se em direção a todo o citoplasma de forma "**astral**" (como a irradiação luminosa de uma estrela, indo para a "periferia" da célula). Os microtúbulos são muito importantes na **organização dos retículos endoplasmáticos** e do **complexo de Golgi**, organelas onde ocorre grande tráfego de vesículas e outras moléculas.

Já os microfilamentos de **actina** têm seu desenvolvimento situado majoritariamente na região do **córtex celular**, próximo à membrana plasmática. Em regiões específicas, encontram-se proteínas chamadas de **ARP** (do inglês - *Actin Related Proteins*). Assim como no caso dos microtúbulos, essas proteínas polimerizam por **nucleação** os filamentos de actina a partir de suas extremidades negativas, permitindo um rápido crescimento na extremidade oposta (positiva). Este mecanismo responde a estímulos externos e internos, de modo que pode estar envolvido em alterações do formato da célula para permitir a formação de **microvilosidades** e de **pseudópodes** (copos fagocitários) nos macrófagos.

Os **filamentos Intermediários** são compostos por **proteínas de várias famílias** e têm como função a **manutenção do formato da célula**. Os filamentos têm esse nome por apresentarem tamanhos intermediários entre os microfilamentos e os filamentos grossos. Um exemplo destes filamentos são os **filamentos de queratina**, presente nas **células da epiderme**, que mantém as células unidas através das junções celulares. Eles ainda conferem **resistência mecânica às células**, apresentando-se estendidas pelo citoplasma. Podemos encontrar este tipo de filamento na **lamina nuclear**, abaixo da camada interna da carioteca. São fáceis de dobrar, mas difíceis de quebrar. São exclusivos de alguns metazoários como **vertebrados, moluscos e nematoides**. Molecularmente, se organizam em unidades alongadas que se

**enrolam lateralmente** formando uma estrutura semelhante a uma corda. **Não há polaridade nas extremidades.**

Os **filamentos grossos** são compostos por **miosina** e estão presentes em abundância nas células musculares.

### 4.3.1.1.2 As proteínas motoras e a movimentação das organelas

**Proteínas motoras** estão envolvidas na **movimentação** de **organelas** no citoplasma. Elas se ligam a diferentes filamentos do citoesqueleto (**actina ou microtúbulos**) e, **utilizando energia (ATP),** alteram sua conformação de forma a permitir o carregamento destas organelas ou ainda, deslizando sobre filamentos do citoesqueleto e gerando força que gera contração muscular, divisão celular ou movimentação de estruturas como cílios.

Os filamentos do citoesqueleto são utilizados **como verdadeiras pistas** de deslocamento. A região das proteínas motoras que se liga a estas "pistas" é chamada de **domínio motor**. O conhecimento deste domínio permite estudarmos a **direção de movimentação das estruturas transportadas** e a identidade da pista a ser utilizada por esta proteína. Há um domínio nestas proteínas que chamamos de **cauda**. A estrutura deste domínio permite identificar a **organela a ser carregada** e, portanto a **função biológica da proteína motora**.

A primeira proteína motora a ser estudada foi **a Miosina II,** presente nos **músculos estriados esqueléticos**. Ela faz parte de uma família de proteínas que apresenta uma porção alongada e enrolada em hélice e uma região de "cabeça", a qual interage com um filamento de actina. Esta interação, **dependente** de **ATP**, permite a movimentação da **miosina sobre o filamento de actina**. A Miosina II se organiza, nos músculos esqueléticos, de forma bipolar, ou seja, ela forma agrupamentos com as cabeças orientadas de forma oposta. Esta forma de organização permite ao agrupamento gerar força no sentido de "**puxar**" os filamentos de actina, resultando na contração muscular. Importante sabermos que há diversas proteínas motoras formadas por miosina, envolvidas em diversas funções. **Praticamente todas elas deslizam sobre filamentos de actina** utilizando suas cabeças, **sempre no sentido positivo de crescimento** daquele filamento. A Miosina II é também importante para o processo de **citocinese,** que vamos estudar à frente.

Outros tipos de proteínas motoras bastante estudadas pertencem à família das **Cinesinas.** Elas também apresentam um domínio de cabeça cuja sequência de aminoácidos é bastante conservada evolutivamente. Em geral, **movimentam-se sobre microtúbulos**, **no sentido da extremidade positiva**, carregando vesículas, por exemplo. Elas também estão envolvidas na **formação do fuso mitótico e meiótico, bem como na separação dos cromossomos.**

As **Dineínas** são proteínas motoras **ramificadas**, envolvidas no transporte de **vesículas** no sentido **negativo nos microtúbulos**. Estão ainda envolvidas no **batimento** de **cílios** e **flagelos** e na localização do Complexo de Golgi próximo à região central da célula.

Importante notar que, a movimentação de organelas para a região "central" da célula depende de proteínas motoras que se movimentem no sentido negativo das "pistas", ou seja, dos microtúbulos. Assim, este tipo de movimento, em geral envolve as dineínas; enquanto que movimentos de organelas para a periferia da célula são realizados, em geral, por cinesinas.

### 4.3.1.1.3 Movimentação celular

A grande maioria das células animais que se movem, o fazem **rastejando;** com exceção dos espermatozoides que nadam. São exemplos de células com essa capacidade: macrófagos, neutrófilos, fibroblastos e osteócitos.

O processo de movimentação celular por rastejamento é conhecido como **movimentação ameboide**. Ele se divide em três partes, geradas por interações de actina presente no córtex das células, ou seja, próximo à membrana plasmática, na periferia celular. São elas:

1. **Protrusão:** há polimerização da actina, empurrando a membrana plasmática na direção do movimento, gerando os pseudópodes (que podem também ser lamelipodia ou filopodia).
2. **Adesão:** formada por polimerização de actina no local de contato com a superfície sobre a qual a célula se move, gerando um efeito de âncora, que segura a membrana enquanto o restante da célula passa por cima da região fixada.
3. **Tração**: Consiste do movimento da célula toda, sobre este ponto de fixação; pode ser gerado por ação de miosina II.

Esta movimentação pode ser gerada, por exemplo, pela atração exercida por sinais químicos externos, num processo chamado de **quimiotaxia.** Ele ocorre, por exemplo, quando neutrófilos se movem na direção de bactérias que infectam regiões do organismo.

Todos os três tipos básicos de filamentos do citoesqueleto se envolvem de alguma forma na movimentação da célula.

### 4.3.1.2– Ribossomos

São estruturas formadas por uma **conjugação de proteínas com o RNA ribossômico, um tipo especial de RNA**.

Apresentam-se em **duas subunidades** (figura 15), as quais devem se juntar para que os ribossomos exerçam a sua função. Esta organela é encarregada pela **síntese de proteínas**. Portanto, células de tecidos ou órgãos que promovem muita **secreção de proteínas** como **o fígado e o pâncreas** apresentam mais ribossomos do que células sem esta função. A **junção** das subunidades do ribossomo para produção de uma proteína **ocorre no citoplasma**. Eles apresentam diferentes tamanhos e composições quando comparados aos de organismos procariontes, mas apresentam a mesma função.

Estas organelas podem ser encontradas **livres no citoplasma ou acopladas ao retículo endoplasmático (forma mais comum nos eucariotos),** formando o **retículo endoplasmático rugoso ou granular,** que estudaremos à frente.

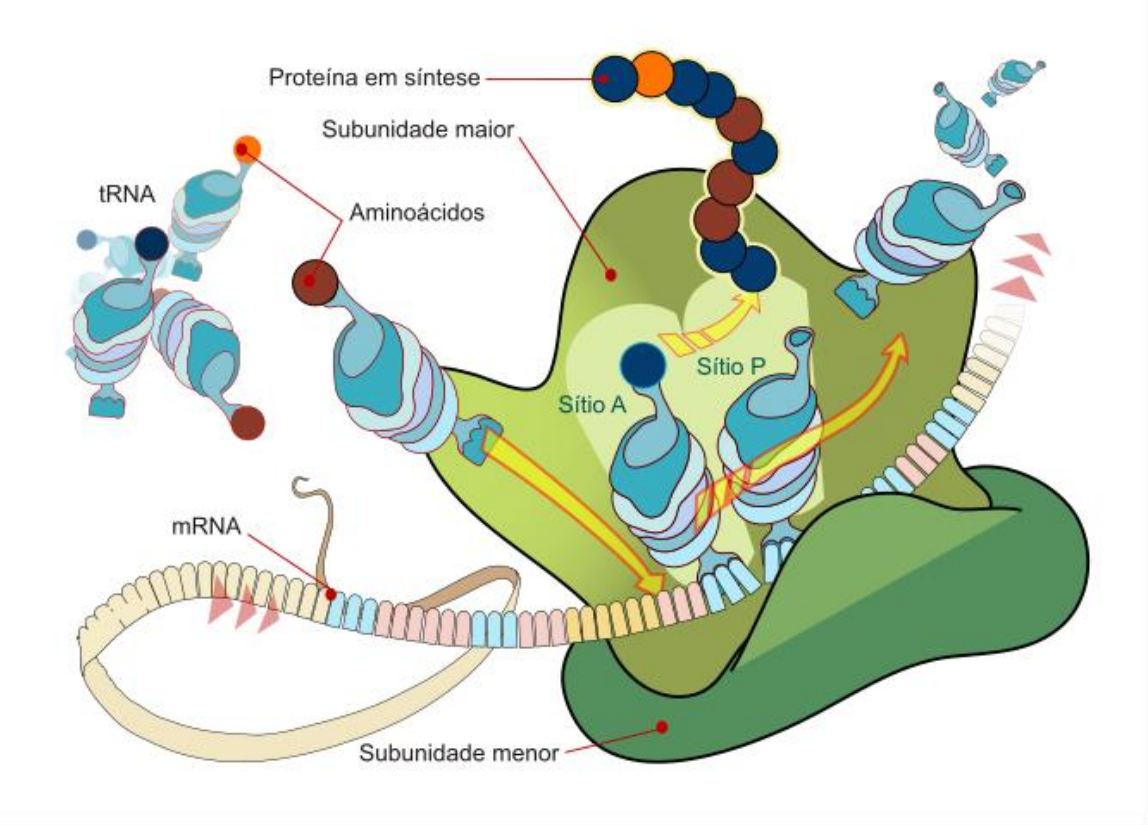



*Figura 15: um ribossomo em processo de síntese de proteína. Veja que ele apresenta uma subunidade maior e uma menor. Os RNAs transportadores (tRNA) carregam os aminoácidos que irão formar as proteínas. Eles então foram pares com as bases codificantes do RNA mensageiro (mRNA) que está sendo "lido" pelo ribossomo. A este processo chamamos de tradução. Fonte https://commons.wikimedia.org.*

### 4.3.1.3– Proteassomos

São estruturas que são responsáveis pela **reciclagem de proteínas** encontradas no citoplasma. São muito importantes na **resposta imune dos organismos**. Apresentam um formato cilíndrico composto por proteínas (figura 16).

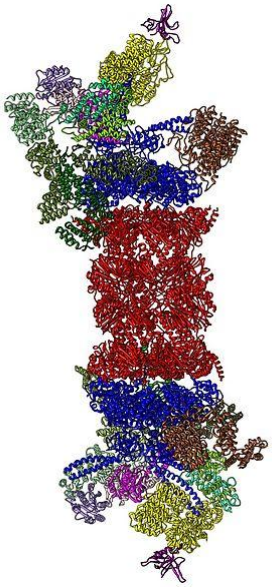


*Figura 16: a estrutura molecular de um proteassomo. Fonte https://commons.wikimedia.org.*

## 4.3.2 Organelas Membranosas

### 4.3.2.1– Retículo Endoplasmático (RE)

Presente em todas as células eucarióticas, o retículo endoplasmático é um conjunto **de canais delimitados por membranas, situado no interior da célula, que se origina no envoltório nuclear**. Estes canais são espaços formados por túbulos e câmaras, chamados **cisternas** (figura 17). Sua membrana seleciona moléculas que passam do citosol para o espaço cisternal (lúmen do retículo).

São suas funções:

1. **Transporte** de substâncias no interior da célula;
2. **Síntese** de **proteínas e lipídios**;
3. **Armazenamento** de moléculas sintetizadas pela célula ou absorvidas do citoplasma.
4. **Desintoxicação** por meio de neutralização enzimática de toxinas.

Os retículos endoplasmáticos se apresentam de duas formas:

1. Associados a ribossomos em sua membrana, fato que os torna com aparência **rugosa ou granular**, o que lhe confere o nome de **Reticulo Endoplasmático Rugoso** (**RER**) podendo ser chamado também de **Retículo Endoplasmático Granular (REG);**

2. Livres de associações, apresentando sua superfície membranar de aspecto liso, sendo denominado **Retículo Endoplasmático Liso (REL).**

O **Retículo Endoplasmático Liso** tem como funções específicas a **síntese e armazenamento de hormônios, fosfolipídios, glicogênio (um carboidrato), glicerídeos e colesterol (metabolismo de lipídios)**. Apresentam-se em grande quantidade em células do **fígado** e de órgãos reprodutivos como os **testículos**. São regiões de transição, pois apresentam pontos de saída de vesículas para o complexo de Golgi. Enzimas presentes na sua membrana podem **produzir lipoproteínas** e **catalisar a degradação de drogas lipossolúveis,** além de compostos danosos ao organismo, produzidos pelo metabolismo.

Já o **retículo endoplasmático rugoso ou granular** (figura 18), também denominado **ergastoplasma**, tem como função principal a **síntese, modificação (*e.g*. glicosilação) e armazenamento de proteínas**, em especial devido à sua **conjugação com os ribossomos**. Podem ser encontrados em grandes quantidades em células **pancreáticas** onde há grande necessidade de síntese proteica para confeccionar enzimas digestivas. As proteínas que são produzidas no REG são internalizadas ainda quando sua síntese não finalizou, num processo chamado de **co-traducional**. Isso difere de processos **pós-traducionais** de importação de proteínas, que ocorrem nas mitocôndrias, núcleo e peroxissomos, nos quais as proteínas completas (cuja tradução/síntese finalizou) são internalizadas. Proteínas que são produzidas dentro do REG apresentam o mRNA com uma **sequência de sinalização** que é reconhecida por uma partícula (SRP - *signal recognition particle*), que se liga ao ribossomo e os direciona à membrana do retículo. Após a tradução, os ribossomos podem se soltar e retornar ao citoplasma.

As proteínas produzidas e modificadas no REG são acondicionadas em vesículas transportadoras liberadas nas extremidades das cisternas, seguindo então para o **Complexo de Golgi.**

O retículo endoplasmático é responsável pela produção de **todas as proteínas transmembranares** encontradas nas organelas celulares membranosas, bem como de grande parte dos **lipídios que compõe suas membranas**. Ele ainda tem como característica ser um reservatório de **cálcio**. Nas células musculares, onde é chamado de **retículo sarcoplasmático**, o REL tem essa função.

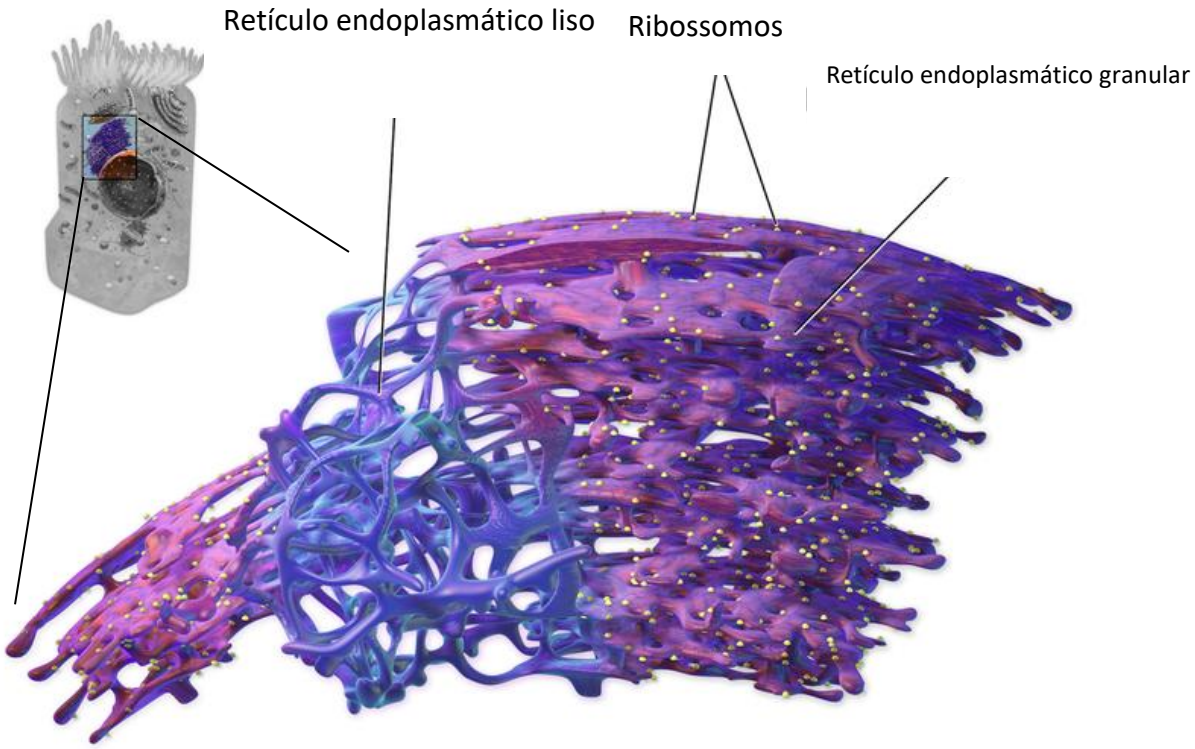



*Figura 17: A associação dos retículos endoplasmáticos; sua organização continua a partir da membrana nuclear. Modificado de Blausen.com staff (2014), em "Medical Gallery of Blausen Medical 2014".*

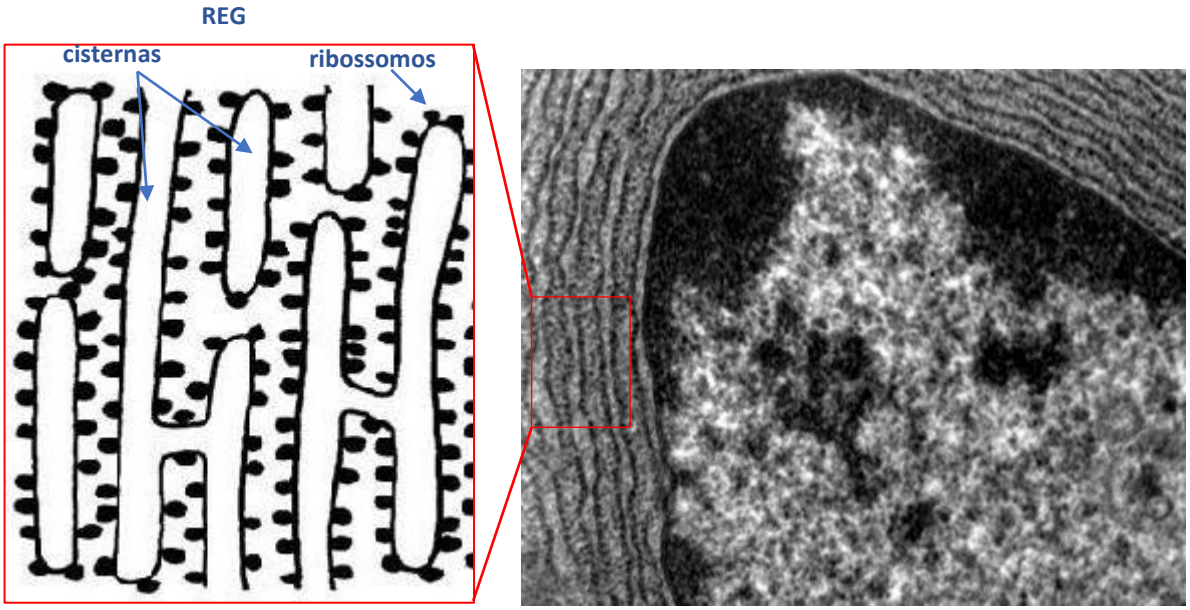



*Figura 18: uma fotomicrografia de microscopia eletronica de célula pancreatica, mostrando o núcleo da célula e ao seu redor o Retículo Endoplasmático Granular (REG). Em detalhe um esquema mostrando as cisternas e os ribossomos associados à membrana. Modificado de Fonte:* **http://remf.dartmouth.edu/imagesindex.html**. *Autor Louisa Howard.*

## 4.3.2.2 – Complexo de Golgi

Esta organela morfologicamente se assemelha a um amontoado de pratos. Ela está presente, em geral, próxima ao núcleo e consiste em uma série de "sacos" ou bolsas empilhadas (figura 19), que são denominadas **cisternas**. Está envolvida na **secreção de proteínas e glicoproteínas produzidas no retículo endoplasmático granular, como hormônios peptídicos e enzimas**.

Tem ainda as funções de:

I. **Formar os lisossomos** – vesículas que contêm proteínas e que ficam soltas no citoplasma;
II. **Renovar ou modificar a membrana plasmática (modificação de lipídios)**;
III. Formar o **acrossomo** dos espermatozoides;
IV. síntese de **polissacarídeos**.

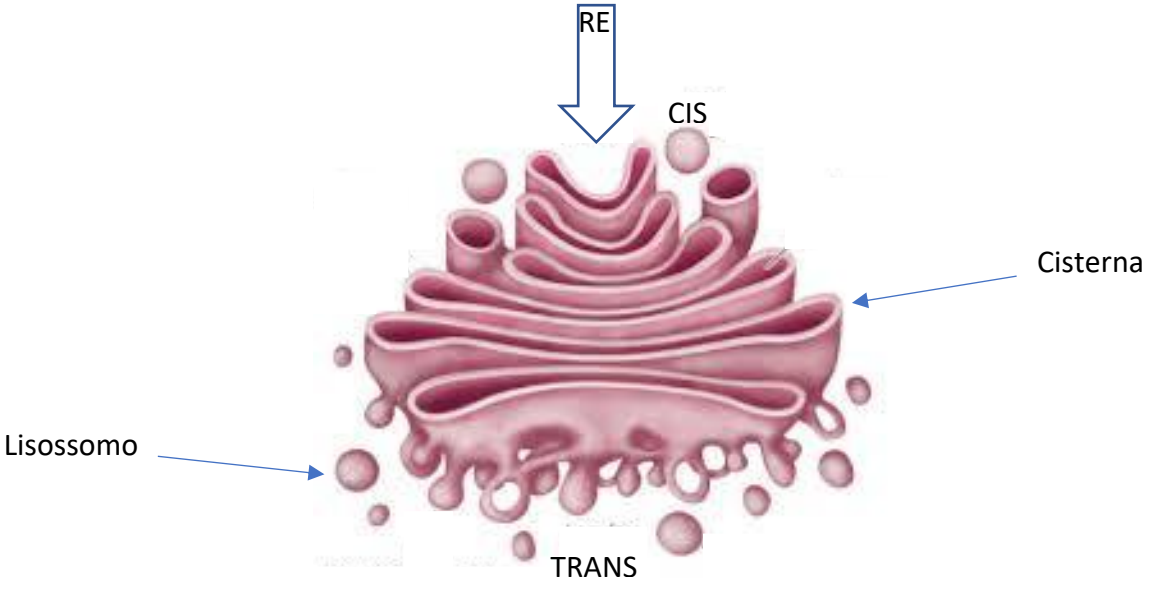



*Figura 19: o formato do complexo de Golgi. A seta acima indica movimento de vesículas vindas do Retículo endoplasmático. Fonte 2008 Encyclopedia Britannica ,INC, disponível em https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Golgi_apparatus.jpg.*

Seus **compartimentos apresentam funções específicas** quanto ao metabolismo de proteínas e lipídios, em especial as **modificações** por elas sofridas, preparando-as para serem secretadas. A **face** do complexo ou aparato de Golgi voltada para o retículo endoplasmático e, portanto, aquela que **recebe vesículas** produzidas nele, é chamada de **CIS**. A **face** de **saída** do complexo de Golgi e, portanto aquela de

onde **emergem** as **vesículas** é chamada de **TRANS**. Entre essas, encontram-se compartimentos chamados de mediais.

Assim, a movimentação de substratos a serem modificados pelo complexo de Golgi ocorre iniciando-se na saída do retículo endoplasmático, quando vesículas são movidas sobre o citoesqueleto em direção à cisterna CIS do complexo de Golgi. A partir desta cisterna, podemos ter:

- Um processo **de maturação dos compartimentos** - um modelo no qual as cisternas migram de posição, recebendo vesículas contendo enzimas das cisternas anteriores;
- ou um **transporte vesicular** entre as cisternas - um modelo no qual as cisternas são fixas e somente vesículas contendo as substâncias a serem modificadas se movem
- ou ainda, uma **combinação de ambos**.

Quando as proteínas finalizadas chegam à cisterna TRANS elas são "empacotadas" em vesículas que serão enviadas aos seus diferentes destinos.

### 4.3.2.3 – Lisossomos

São as **vesículas digestivas** da célula. Elas são **produzidas no complexo de Golgi** e apresentam em seu interior vários tipos de **enzimas digestivas (hidrolases ácidas)**, ou seja, enzimas que irão **quebrar quimicamente as substâncias**. Estão relacionadas à **reciclagem de algumas organelas (autofagia), aos processos de autólise e a digestão de compostos fagocitados ou endocitados**.

Especificamente, o processo de autólise é resultado **da ruptura da membrana lisossômica** e subsequente liberação das enzimas digestivas do **interior do lisossomo para o citosol**, promovendo assim a digestão da parte orgânica da célula e, consequentemente, a sua destruição. Para que isso ocorra é necessário que o **pH da célula seja alterado**, já que as **enzimas lisossomais apresentam funcionamento em ambiente ácido** (pH 5). Bombas de hidrogênio presentes na membrana desta vesícula jogam $H^+$ para o seu interior, mantendo o pH baixo.

Morfologicamente, se apresentam como **esferas membranares** no interior do citoplasma, em geral associadas ao Complexo de Golgi, ou próximas a ele (figura 19 acima).

**Não são observadas em células vegetais, tendo a sua função exercida pelo vacúolo**.

Um exemplo de função pouco usual desta organela é observado em **melanócitos**, que excretam pigmento que é produzido e armazenado no interior dos seus lisossomos (chamados de melanossomos). Estes promovem exocitose de seu conteúdo no meio extracelular. Os pigmentos são então recolhidos por queratinócitos, gerando a pigmentação da pele.

### 4.3.2.4– Peroxissomos

Os peroxissomos são **vesículas** de membrana simples que se originam a **partir de outros peroxissomos**. As enzimas que eles contêm são produzidas no citoplasma e não no REG como nos lisossomos. Eles têm como função a **degradação de ácidos graxos e compostos orgânicos por meio de reações oxidativas utilizando o oxigênio**. Neste processo há **liberação de $H_2O_2$**, um composto denominado **peróxido de hidrogênio**, também chamado de "água oxigenada". O próprio peroxissomo se encarrega de **degradar** este composto utilizando a enzima **catalase**, gerando como produto da degradação **oxigênio e água**. Tem papel importante na **síntese de fosfolipídios** necessários para a formação **da bainha de mielina,** nas células neuronais.

### 4.3.2.5 – Mitocôndrias e Cloroplastos

As mitocôndrias são as organelas **produtoras de energia das células**, não à toa, são conhecidas como **casas de força** celular ou "***Power Houses***". Elas têm uma estrutura especial que merece ser estudada a fundo.

São formadas por uma **membrana externa** e por uma **membrana interna** que apresenta prolongamentos para o interior da organela formando as **cristas mitocondriais** (figura 20). Estas duas membranas apresentam **diferentes** constituições estruturais, o que lhes confere funções específicas. A **membrana externa** apresenta arranjos proteicos formados por proteínas denominadas **porinas**, que facilitam o transporte de moléculas do citoplasma para o interior da mitocôndria. Já a **membrana interna** apresenta sua constituição bioquímica diferente da membrana externa, sendo formada por **fosfolipídios** que apresentam **quatro cadeias** de **ácidos graxos** – duas a mais do que a membrana plasmática convencional – o que lhe confere **menor permeabilidade**. Nela também estão as **proteínas responsáveis**

**pela produção dos compostos que fornecem a energia da célula, o ATP, por meio da cadeia respiratória (fosforilação oxidativa)**.

A presença destas duas membranas faz com que dois espaços se formem dentro da organela: a **matriz mitocondrial** e **o espaço intermediário**. O **espaço intermediário** está localizado entre a membrana externa e a interna. A **matriz mitocondrial** corresponde ao **espaço formado pela membrana interna, o interior da organela**. Neste espaço há uma série de enzimas responsáveis pela **respiração celular**, em especial aquelas que participam **do ciclo do ácido cítrico** (**ciclo de Krebs**) e da **oxidação do piruvato** (um produto da oxidação da glicose que ocorre no citoplasma) e de ácidos graxos (gorduras ou lipídios). Neste espaço também está o **maquinário que a mitocôndria utiliza para a sua própria divisão e replicação de seu material genético**: **seu DNA circular**, **ribossomos mitocondriais**, **RNAs transportadores** e **enzimas** utilizadas para a expressão gênica da organela. Ou seja, **as mitocôndrias se originam de mitocôndrias pré-existentes na célula. Interessante saber que mesmo detendo esse maquinário, 90% das funções mitocondriais dependem de genes que estão no DNA nuclear da célula.**

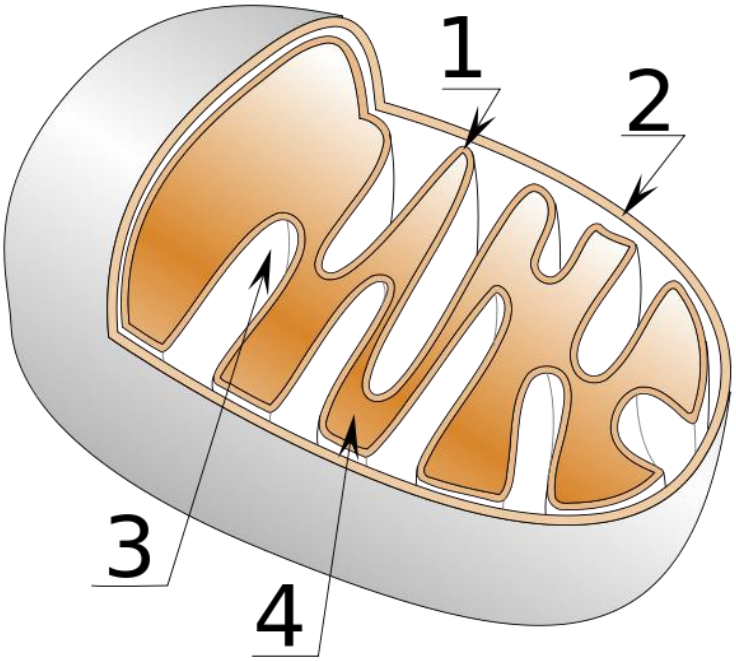
Não é interessante que uma organela tenha tantas características que as permitam se dividir e funcionar de forma individual – **mas não independente** – em relação à célula? Pois justamente devido a estas e outras características, que os pesquisadores acreditam que a mitocôndria (e os cloroplastos) **tenha evoluído a partir de procariontes que foram internalizados por células eucariontes primitivas**. Uma série de fatores pode ter contribuído para o sucesso desta união, entre eles o fato de que o ciclo de produção de energia que utiliza o piruvato, que ocorre dentro das mitocôndrias (na matriz) é mais **rentável energeticamente**, ou seja, gera mais energia do que a fermentação alcoólica ou a fermentação lática que as células eucarióticas conseguem fazer sem a mitocôndria, em processos anaeróbios.

A esta teoria, chamamos de **teoria da endossimbiose (*endo* = interno, dentro; *simbiose* = interação na qual duas espécies vivem juntas)**.

Resumindo, temos em um passado muito remoto um **ser procarionte** e de **respiração aeróbia** que foi internalizado por **endocitose** a uma **célula primitiva** que respirava anaerobicamente, gerando uma **célula com um endossimbionte** que no processo temporal evolutivo se tornou parte da célula.

As mitocôndrias, em muitos organismos superiores, são passadas para as gerações futuras por meio de **herança materna**. Ou seja, quase 99% das **nossas mitocôndrias são herdadas de nossas mães** e

pouquíssimas de nossos pais. Por isso o **DNA mitocondrial** tem informações limitadas para a genética forense e para identificação de pessoas.



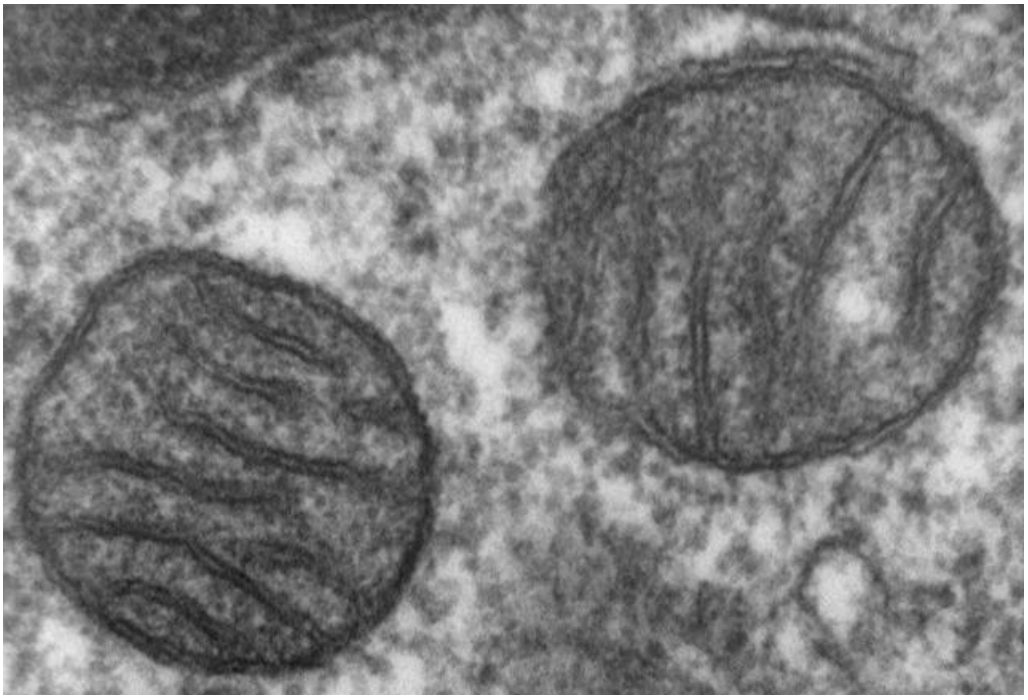



*Figura 20: Acima – um esquema de uma mitocôndria mostrando: 1. Membrana interna formando uma crista; 2. A membrana externa; 3. O espaço intermediário; 4. A matriz. Abaixo – uma microfotografia de microscópio de varredura mostrando duas mitocôndrias. Fonte: Louisa Howard em http://remf.dartmouth.edu/imagesindex.html.*

Os **cloroplastos são organelas presentes em células vegetais e em algumas algas**. Eles apresentam estruturas membranosas discoides empilhadas chamadas de **tilacoides,** cujos arranjos formam conjuntos que se chamam **grana (figura 21)**. Eles são organelas formadas por **duas membranas** assim como a mitocôndria, mas os tilacoides geram uma terceira membrana extra. Seu interior apresenta um líquido chamado de **estroma**. Assim como as mitocôndrias, no interior dos cloroplastos encontramos moléculas de DNA circular, proteínas e ribossomos próprios, que lhes propiciam a capacidade de divisão própria, de tal forma que cloroplastos são sempre formados a partir de outros cloroplastos.

A função desta organela é a realização **da fotossíntese**, um processo bioquímico que gera **carboidratos (açúcares)** a partir de matéria inorgânica (principalmente **gás carbônico**, também chamado de dióxido de carbono ou $CO_2$) e **luz solar**. Para que este processo ocorra é essencial a presença de um pigmento de coloração esverdeada chamado de **clorofila, presente em todas as plantas.**

Este processo bioquímico permite que os vegetais utilizem os açúcares gerados na fotossíntese para a **obtenção de energia**. Assim, é comum dizermos que os vegetais **produzem o próprio alimento**, ou a própria fonte de energia, o que permite que os classifiquemos como seres **autótrofos.** Diferentemente, nós humanos, outros animais e os fungos necessitamos da obtenção de nosso alimento de outras fontes, podendo sermos classificados como **heterótrofos**.

Importante saber que a presença de cloroplastos não inibe a existência de mitocôndrias nas células vegetais. Estas duas organelas **coexistem** e apresentam funções bastante específicas.

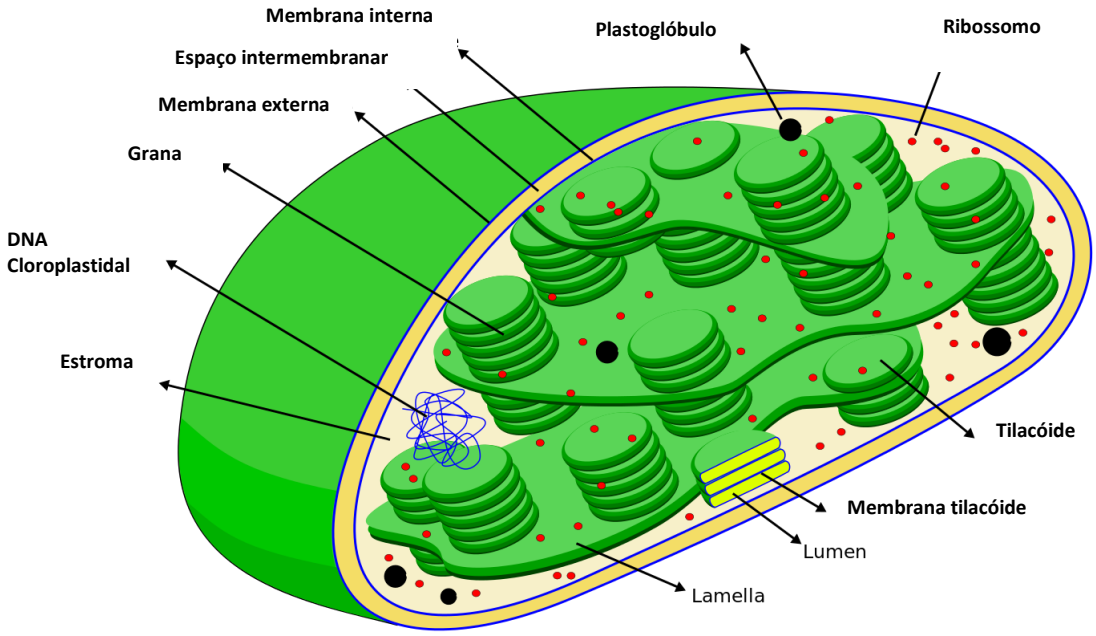



*Figura 21. Representação de um cloroplasto. By User:Miguelsierra, adapted by User:Vossman - Own work, CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=12998982*

EXERCÍCIO DE FIXAÇÃO - 4

4. (**VUNESP 2014**) Os peroxissomos são organelas celulares presentes no citoplasma de células animais e vegetais. É correto afirmar que, nas células humanas, essas organelas:

(A) produzem enzimas e ácidos nucleicos para uso no metabolismo de proteínas e ácidos graxos, sendo abundantes nas células do estômago e do pâncreas.

(B) transformam lipídios em açúcares para uso na produção de ATP intracelular e manutenção das funções celulares normais, sendo abundantes no pâncreas.

(C) decompõem o peróxido de hidrogênio, realizam a oxidação de ácidos graxos e participam da síntese de compostos como o colesterol, sendo abundantes nas células do fígado e dos rins.

(D) sintetizam enzimas e componentes da membrana plasmática e nuclear dos neurônios, sendo abundantes no sistema nervoso central.

(E) iniciam a síntese proteica nos ribossomos celulares e a síntese de glicogênio, sendo abundantes principalmente nas células do fígado.

### 4.3.2.6– O Núcleo Celular

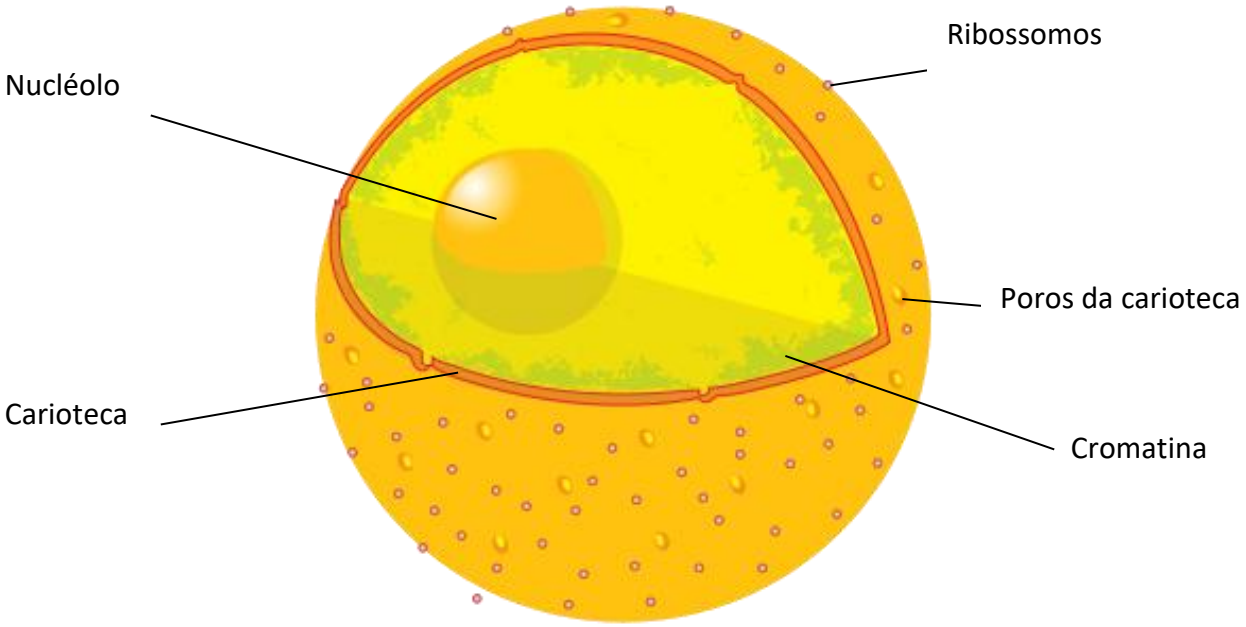
O núcleo é um **compartimento da célula onde se encontra acondicionado o DNA.** O DNA não se encontra livre no suco nuclear (um gel proteico semelhante ao citoplasma que se encontra no interior do núcleo, chamado de **nucleoplasma ou de cariolinfa**), ele se encontra **aderido** a proteínas que auxiliam na sua **espiralização**, chamadas **de histonas**. Esta associação forma a **cromatina.**

O compartimento do núcleo é gerado por uma membrana externa chamada de **carioteca** ou **envoltório nuclear** (figura 22). A carioteca é formada por **duas membranas** concêntricas e contínuas, que apresentam constituição distinta. A **membrana interna apresenta proteínas específicas, como aquelas utilizadas para ancorar a cromatina**. A **membrana externa apresenta continuidade com o retículo endoplasmático**, apresentando composição semelhante às demais membranas da célula, podendo se apresentar **ligada a ribossomos**. De fato, o espaço entre a membrana externa e a membrana interna da carioteca é contínuo com o lúmen do retículo endoplasmático.

Há na membrana nuclear a presença de **poros formados por proteínas denominadas nucleoporinas** que se arranjam num **sistema octogonal (em oito)**, formando um **portão** que regula a passagem de substâncias, como **RNA mensageiro e proteínas,** em ambos os sentidos da célula (tanto de dentro para fora do núcleo, como de fora para dentro). Assim, o RNA e as subunidades ribossomais produzidos no núcleo, são transportados para o citosol por estes poros. Assim como as proteínas produzidas no citosol, e que atuarão no núcleo, são importadas por estes mesmos canais. Algumas proteínas nucleares podem ser repetidamente importadas, por exemplo, quando o núcleo se refaz após a mitose.

Quando observamos um núcleo em fase de interfase, podemos notar a presença de uma região mais opaca e densa (quando observamos em microscopia). Esta região é o **nucléolo.** Nela se **concentram moléculas de RNA ribossômico** – este RNA será unido a proteínas que formarão o **ribossomo**. Neste mesmo núcleo, caso utilizemos um corante básico e o observemos em microscópio óptico, poderemos observar manchas escuras que constituem a **heterocromatina**, que nada mais é do que uma região da cromatina **mais espiralada**.

A cromatina quando se condensa mais ou espirala em maior grau será chamada de **cromossomo**. Isto ocorre no processo da divisão celular que veremos mais à frente.



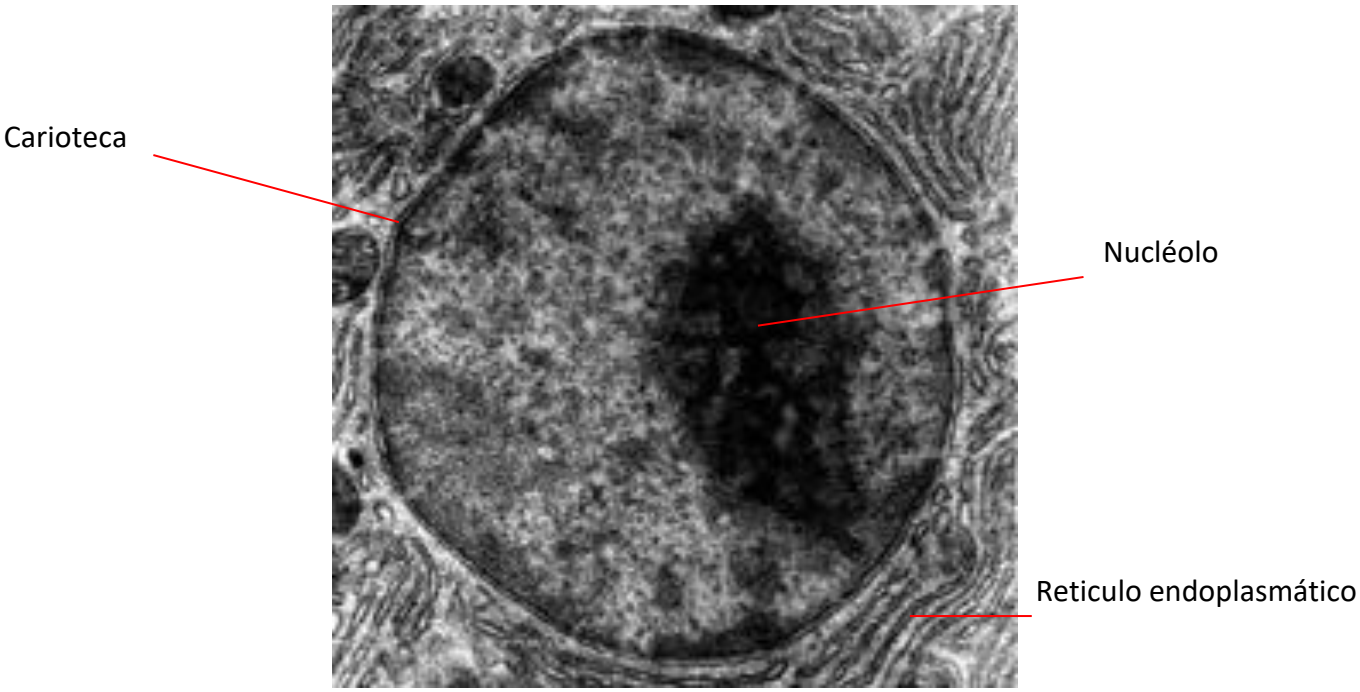



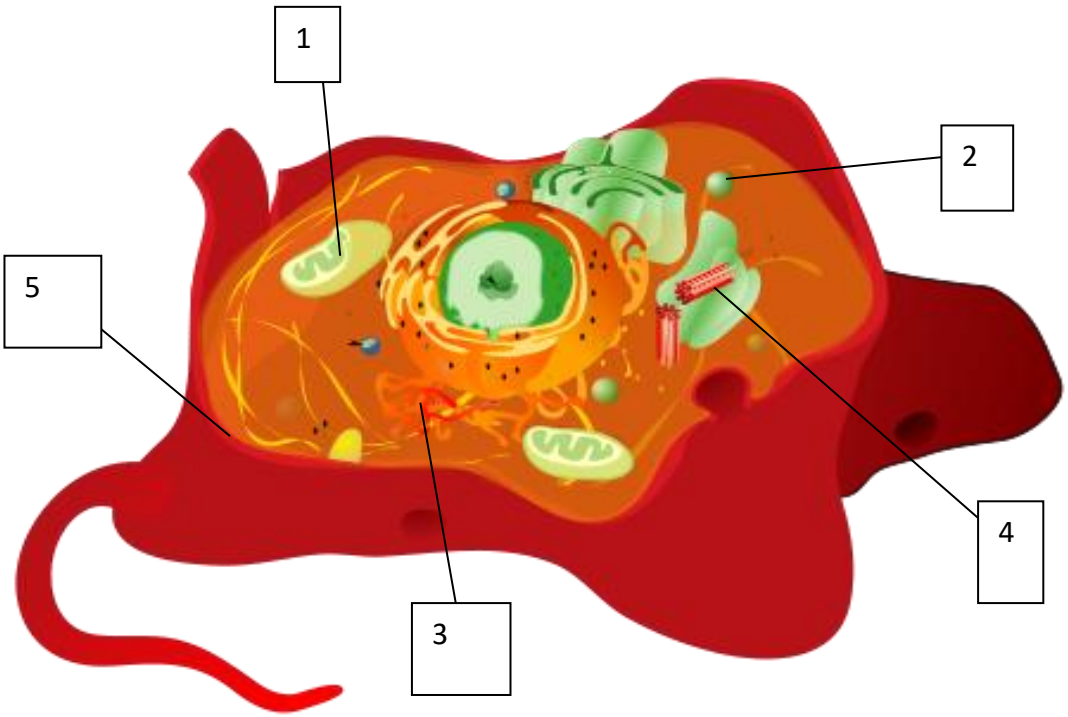

***Figura 22: Acima – esquema de um núcleo celular com seus componentes. Abaixo – uma fotomicrografia de um núcleo celular. Fonte: https://commons.wikimedia.org.***

### 4.3.2.7 – O vacúolo

Os vacúolos (figura 3, página 11) estão presentes em **células vegetais e em algumas células animais**, em especial de protozoários. Nas células vegetais, esta estrutura que se assemelha a uma grande bolsa membranosa **armazena enzimas, água, íons, pigmentos e toxinas**. Já nas células animais, em especial em alguns **eucariontes de água doce**, ele atua na **osmorregulação,** ou seja, atua na eliminação de água que invade a célula espontaneamente tendo em vista as diferenças de concentração do meio.

EXERCÍCIO DE FIXAÇÃO -05

5. Agora que estudamos as organelas de uma célula eucariótica animal, faça um exercício de fixação assinalando a alternativa correta.




a) A organela 1 é denominada complexo de Golgi, sendo responsável pela produção de energia na célula.

B) A organela 2 é uma vesícula que contém proteínas digestivas, produzida na mitocôndria.

c) A estrutura 5 é a membrana plasmática. Ela tem como funções a proteção e a produção de energia na célula.

d) A organela 3 é o retículo endoplasmático de Golgi, responsável pela produção de hormônios.

e) A organela 4 é o centríolo, envolvido no processo de divisão celular.

## 4.4 Os diferentes tipos de células

É importante sabermos que todas essas organelas citadas poderão se apresentar em quantidade, forma e qualidade diferente em diferentes tipos de células. Essa variação é natural e ocorre a depender da função da célula. Temos trilhões de células no corpo humano, mas cerca de 200 tipos delas. Vamos conhecer alguns tipos e suas particularidades.

### 4.4.1 Os eritrócitos (hemácias)

Os eritrócitos são as células vermelhas do sangue. Elas não apresentam núcleo celular! Elas perdem essa estrutura durante o seu desenvolvimento, perdendo também outras organelas como retículos endoplasmático e até as mitocôndrias.

Elas apresentam cerca de 7micrometros e o formato bicôncavo.

O citoplasma é preenchido por uma proteína chamada hemoglobina, responsável pelo transporte do oxigênio. As hemácias ainda transportam parte do gás carbônico (cerca de 25%, sendo o restante transportado pelo plasma do sangue).

### 4.4.2 Os osteoclastos

Os osteoclastos são células do sistema esquelético, presentes nos nossos ossos. Eles são originários do sistema imune, sendo responsáveis pela reciclagem de matriz óssea. Eles são poli nucleados, ou seja, apresentam vários núcleos.

### 4.4.3 Os leucócitos

Leucócitos são células do sistema imune. São os glóbulos brancos. Podem apresentar várias vesículas no citoplasma, as quais são secretadas quando são ativados (granulócitos). Alguns apresentam núcleos de formatos lobados, semelhantes a alteres de musculação, sendo classificados como Poli Morfo Nucleares (PMNs).

### 4.4.4 Miócitos ou fibras musculares

As células dos nossos músculos estriados esqueléticos, aqueles que utilizamos para nos movermos no ambiente são morfologicamente muito distintas dos modelos que classicamente estudamos. Elas são cilíndricas e muito alongadas, apresentando vários núcleos. Seu citoplasma apresenta muitas mitocôndrias. Ele é preenchido por filamentos de proteínas que se organizam em longas fibras com capacidade contráctil. No citoplasma encontramos ainda invaginações de membrana que circulam determinadas regiões das fibras. Isso ocorre para que, quando houver um sinal para contração muscular, ele seja rápida e eficientemente distribuído por todo o interior da célula. Os retículos endoplasmáticos dessas células apresentam uma função especial, eles armazenam cálcio, um mineral muito importante para que ocorra a contração muscular. As membranas plasmáticas das células musculares podem conduzir impulsos.

Diferentes tecidos musculares apresentam morfologias distintas. Células do tecido muscular liso têm núcleo centralizado e formato elíptico. As proteínas que geram a contração não apresentam a mesma organização que observamos nos tecidos estriados. Elas se encontram dispersas no citoplasma.

### 4.4.5 Os neurônios

Os neurônios são células diferenciadas e especializadas na condução de impulsos. Eles apresentam prolongamentos de membrana que conduzem os sinais: os axônios e os dendritos. Esses sinais são gerados pela despolarização das membranas, como estudamos anteriormente. Os neurônios apresentam as organelas concentradas em uma porção da célula chamada corpo celular. Nessa região se encontram núcleo e demais organelas.

### 4.4.6 Os gametas

Gametas são células cuja função é exclusivamente reprodutiva. Eles são formados por um processo de divisão celular chamado meiose, conforme estudaremos a diante.

O gameta feminino é o óvulo. Ele consiste em uma célula relativamente grande, que é envolvida em grande parte da sua vida por um conjunto de células que o protegem e nutrem (que formam o folículo ovariano). O gameta masculino é o espermatozoide. Ele apresenta: uma região chamada cabeça onde se encontram núcleo e o acrossomo, uma organela formada pelo completo de Golgi (importante para a fecundação; uma região chamada peça intermediária, onde se encontram mitocôndrias; e uma região chamada cauda, cujos batimentos geram mobilidade.

# 5 – Divisão Celular - Mitose

Células eucariontes podem se dividir por meio de um **processo** chamado **mitose** (figura 23). É um processo que gera **duas células filhas** a partir de uma célula mãe original, apresentando a mesma quantidade de DNA, ou seja, a mesma quantidade de cromossomos. Por isso, este tipo de divisão é chamado de **equacional** (lembre-se do termo "igual").

A divisão de uma célula faz parte do **ciclo celular**: o período iniciado com a formação da célula que termina com a sua divisão em células filhas.

Vamos relembrar rapidamente o que é o DNA?

O DNA é uma molécula que contém **toda a informação necessária** para o funcionamento de uma célula. Ela se apresenta na forma de uma longa dupla fila espiralizada, formando uma dupla hélice. É composta por bases nitrogenadas que interligam as fitas por pontes de hidrogênio. O DNA se encontra nas células eucarióticas organizado em **cromossomos**. Quando não está em processo de divisão celular, ele se encontra com o menor nível de condensação, organizado de forma difusa no interior do núcleo celular, formando a **cromatina**. Nas fases de divisão ele aumenta o grau de condensação, formando as estruturas visíveis e clássicas que conhecemos, os cromossomos. Importante notar que o DNA está sempre organizado nos cromossomos, mas somente conseguimos visualiza-los quando eles estão bastante condensados. Esse termo que usamos – condensado - se refere a uma superespiralização do DNA que ocorre com o auxílio de proteínas, dentre elas as **histonas**. Por isso, podemos encontrar na literatura além do termo condensação o termo espiralização ou espiralação.

As células se encontram nos tecidos em plena atividade, produzindo proteínas, hormônios, transportando substâncias ou processando sinais externos. Quando há necessidade de **aumentar sua quantidade** em determinado tecido do corpo, por exemplo, tecidos como a medula óssea vermelha ou tecidos epiteliais, ou ainda quando há necessidade de **dar origem a estes tecidos**, nos momentos embrionários de nossas vidas, elas entram no **processo de divisão**. Esta divisão é o processo de **mitose** que estudaremos adiante.

A mitose apresenta fases demarcadas por acontecimentos específicos relacionados a algumas organelas e, em especial, **ao núcleo celular** e ao **material genético**. Oras, se estamos falando de uma divisão celular na qual deveremos formar células filhas que funcionem como as células parentais, devemos concordar que o material essencial para o funcionamento da célula, **o DNA**, também será dividido. Algumas organelas como **mitocôndrias**, **cloroplastos** e **centríolos** também se dividem antes da divisão completa das células.

Vamos estudar as fases da divisão celular mitótica. Elas são muito cobradas nos concursos.

## 5.1 – Interfase: a primeira e mais longa fase do ciclo celular.

A fase inicial do **ciclo celular** é chamada de **interfase**. Esta fase se caracteriza por ser o momento no qual o **DNA irá se replicar**, ou seja, **se duplicar**. Aqui teremos a duplicação de todo material genético da célula, gerando uma **cópia idêntica do seu genoma**. Para os humanos, isso significa que todos os **46 cromossomos** serão duplicados, mantendo-se unidos até a separação ao final do ciclo. Ou seja, a **quantidade de DNA da célula vai dobrar** nesta fase. A fase de replicação do material genético é chamada de **fase S** (de **S**íntese).

Outra organela que também se duplica é o **centrossomo**. Lembra que nele estão os **centríolos**? Pois agora, teremos **dois centrossomos próximos ao núcleo**, que mais à frente no ciclo celular, irão ajudar a formar o **fuso mitótico (um grupo de filamentos proteicos que organiza os cromossomos)**.

Conforme o ciclo celular progride, os **centrossomos se afastam em direções opostas** e para diferentes polos da célula, gerando entre eles uma rede de filamentos de tubulina chamada de **áster**. Esta rede que irá formar o **fuso mitótico**.

Esta é a **fase mais longa** do ciclo celular. Ela ainda apresenta duas fases intermediárias chamadas de *gaps* (do inglês significando "espaços"). Teremos uma fase *Gap* 1 ou simplesmente **G1**, que antecede a **fase "S"** e que se caracteriza pelo **crescimento da célula e divisão de organelas**. A fase **G2** se caracteriza por intensa **síntese de proteínas**, num preparo da célula para os processos de divisão que irão se iniciar com a

prófase, logo depois. Portanto, teremos a interfase dividida em **G1, S e G2**. Após a interfase, quando se inicia o processo de divisão, teremos a fase **M** (de **M**itose).

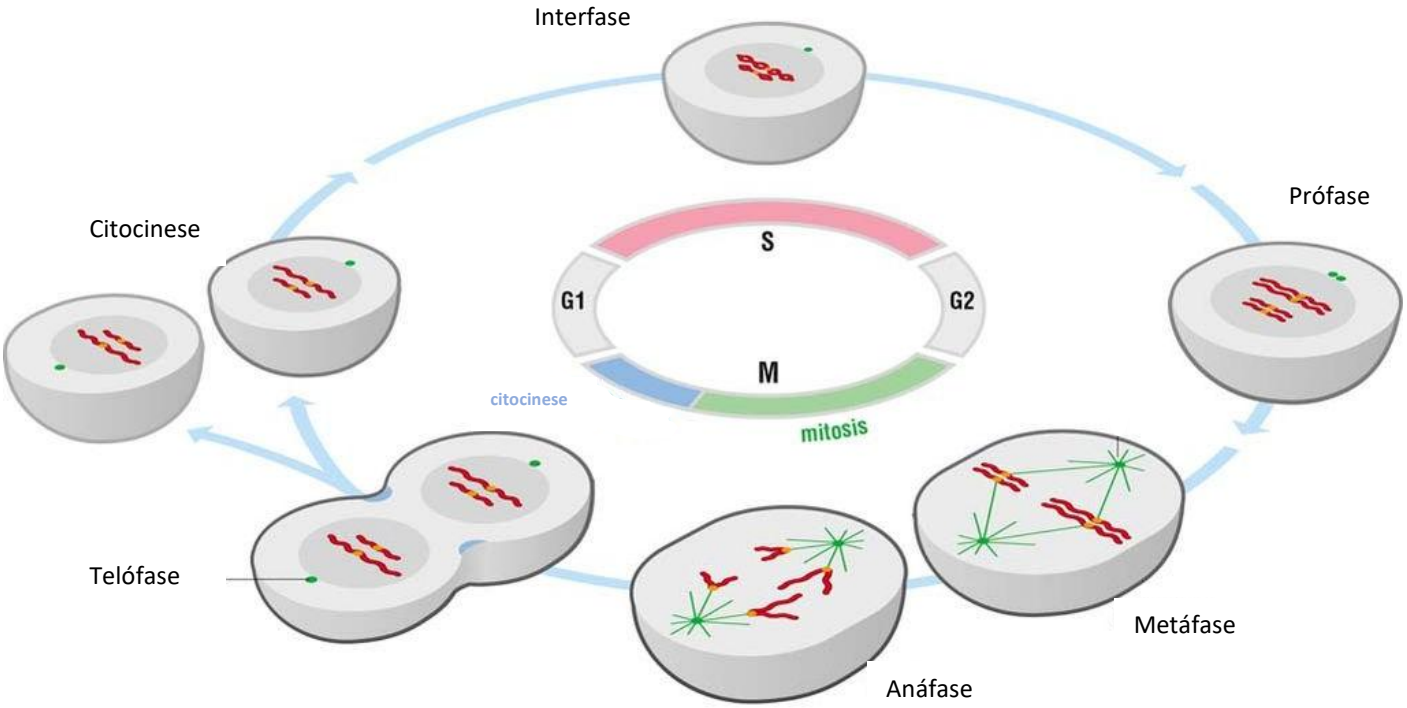



*Figura 23: um resumo das fases do ciclo celular. Modificado. Fonte The Cell Cycle: Principles of control (O'Morgan, D.).*

## 5.2 – A Prófase e a Pro-metáfase – As fases do fim do núcleo.

Depois da interfase, os **cromossomos continuam se condensando (ou seja, se espiralando e se ligando a proteínas, tornando-se mais grossos ou volumosos)** e já podemos visualizar as **cromátides irmãs** ligadas pelo **centrômero**. Estas cromátides nada mais são do que porções dos cromossomos duplicados.

São cópias do mesmo cromossomo, mas que se mantém unidas em uma região chamada de **cinetócoro, localizada no centrômero dos cromossomos**.

Na **prófase** temos então a **condensação cromossômica no interior do núcleo** e o início da formação do **fuso mitótico** localizado entre os centrossomos que se afastam para os polos da célula (figuras 24 e 25). Este fuso será formado por diferentes tipos de microtúbulos que irão se estender a partir dos centrossomos divididos. Em células vegetais, **como não temos os centrossomos**, os polos do fuso se montam de forma autônoma, próximo à região onde estão os cromossomos duplicados.

Na **pró-metáfase**, teremos **a dissociação do envoltório nuclear**, ou seja, a "**quebra" da carioteca**, a membrana que envolve o núcleo. Com essa quebra, os cromossomos duplicados podem se ligar aos microtúbulos que formarão o fuso mitótico.

Alguns autores unem a prófase e a pró-metáfase em uma única fase, a prófase.

***Figura 24: célula de alho em prófase. Fonte https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Prophase#/media/File:Allium-Mitose06-DM100x_BL28.jpg. Autor Thomas Geier.***

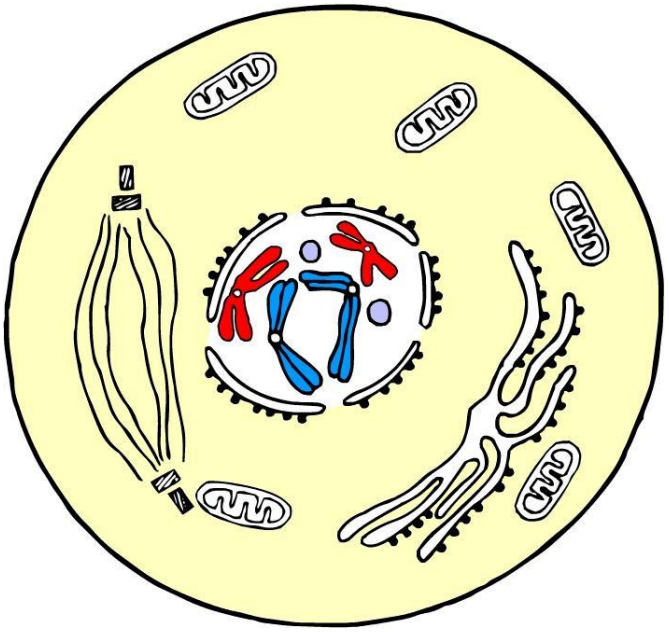


*Figura 25: Esquema de uma célula em prófase. Repare nos cromossomos já duplicados no interior do núcleo e na formação das fibras que irão compor o fuso mitótico à esquerda do núcleo. Fonte https://commons.wikimedia.org.*

## 5.3 – A metáfase – a fase de maior condensação cromossômica.

Na **metáfase**, os cromossomos atingiram seu **maior grau de condensação**. Eles estão agora situados na **região equatorial da célula**, no "meio" dela (figuras 26 e 27), formando a placa **metafásica**. Neste momento há a **ligação dos cinetócoros que unem as cromátides com os microtúbulos do fuso**.

Esta é a melhor fase do ciclo celular para se gerar um **cariótipo** (figura 28)! O grau máximo de condensação dos cromossomos faz com que eles adquiram o **formato da letra "X"** bastante evidente. Cada par de pernas desta letra forma **uma cromátide**. A porção central que liga as cromátides (o meio do "X") é o **centrômero**. O **cariótipo** é uma fotomicrografia dos cromossomos de um organismo. Nela haverá o conjunto de todos os cromossomos do indivíduo, possibilitando-se assim analisar a existência de eventuais anomalias.

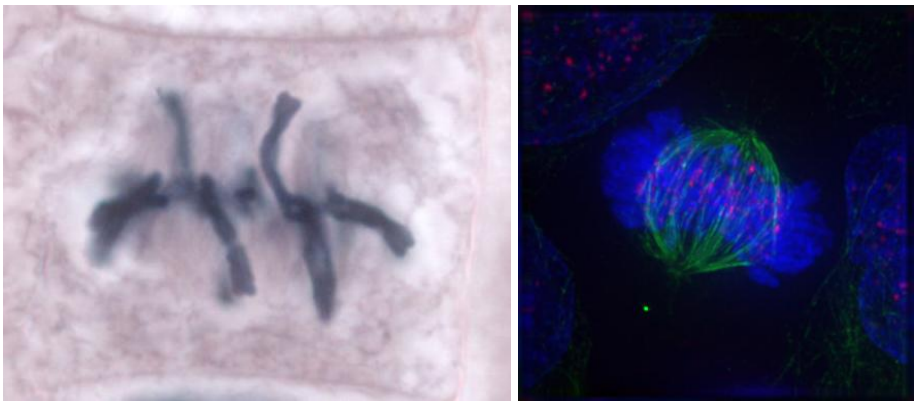


*Figura 26: duas células em metáfase. À esquerda, célula de alho, foto de Thomas Geier. À direita célula em metáfase em microscopia confocal, autor Roy Van Heesbeen.*

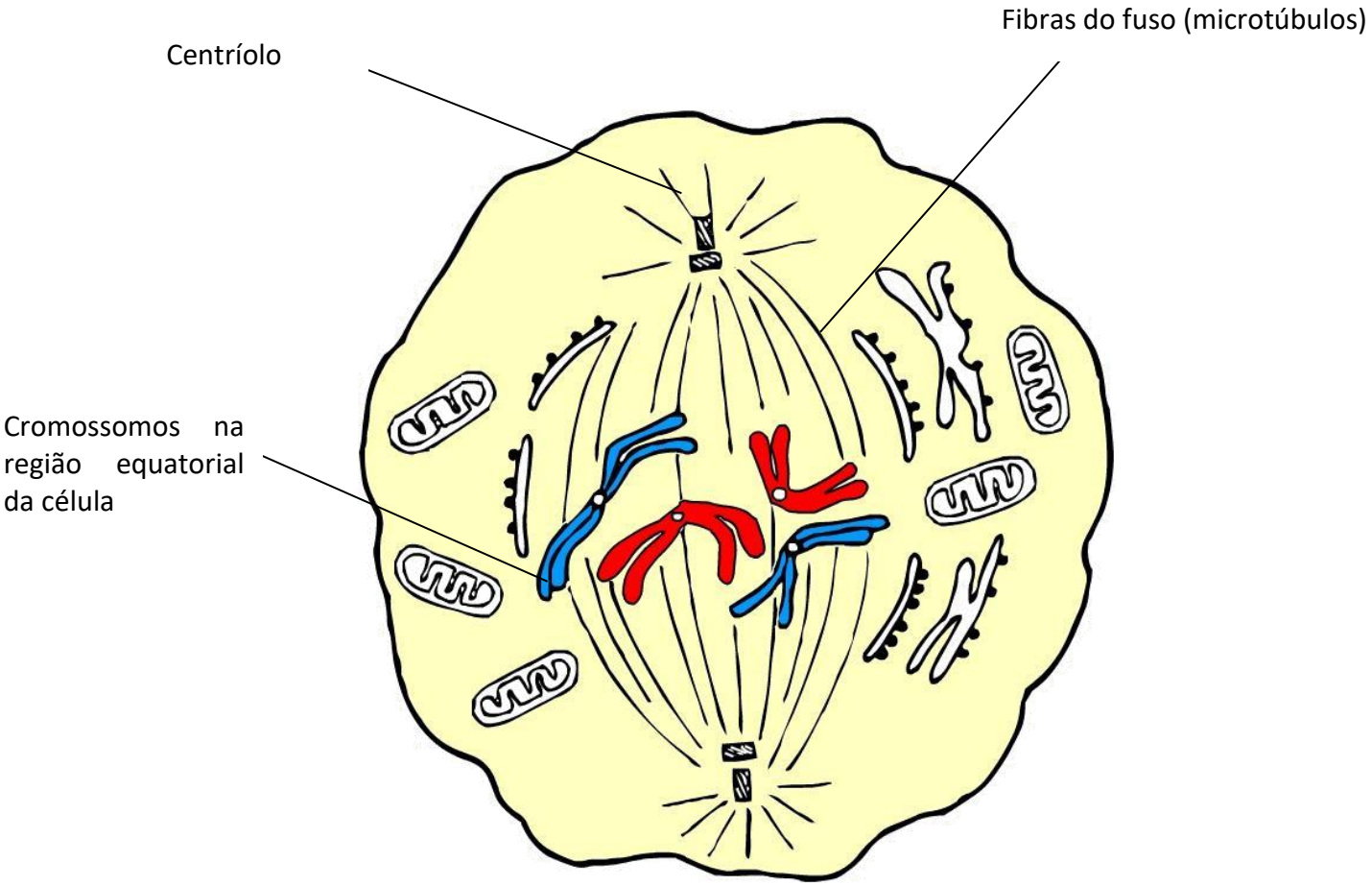



*Figura 27: esquema de célula em metáfase. Note que os cromossomos estão na região equatorial da célula em maior grau de condensação.*

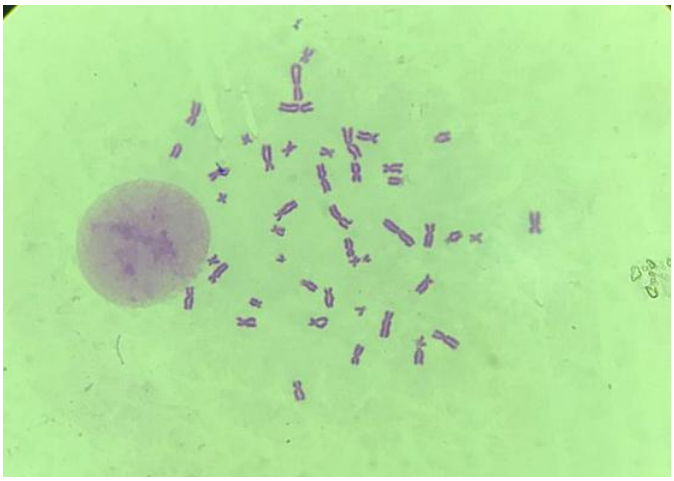


*Figura 28: cromossomos metafásicos espalhados, possibilitando análise. Nesta fase há maior grau de condensação e os cromossomos apresentam um claro formato de "X". Fonte https://commons.wikimedia.org.*

## 5.4 –A Anáfase – A separação cromossômica.

Na anáfase, teremos a **separação das cromátides irmãs** formando **dois novos cromossomos a partir de cada cromossomo que estava duplicado e que tinha suas cromátides unidas no centrômero** (figura 29). Esta separação se dá pelo **encurtamento dos microtúbulos** que formam o fuso e que se ligam nos cinetócoros dos cromossomos e pelo afastamento dos polos do fuso mitótico (onde estão os centríolos). Os cromossomos serão então **puxados** (pelo centro do "X") em direção aos polos da célula, onde estão os centrossomos. Haverá ainda, quebra **proteolítica** das **coesinas**, proteínas que mantém as cromátides unidas, o que ocorrerá praticamente junto com o encurtamento dos microtúbulos.

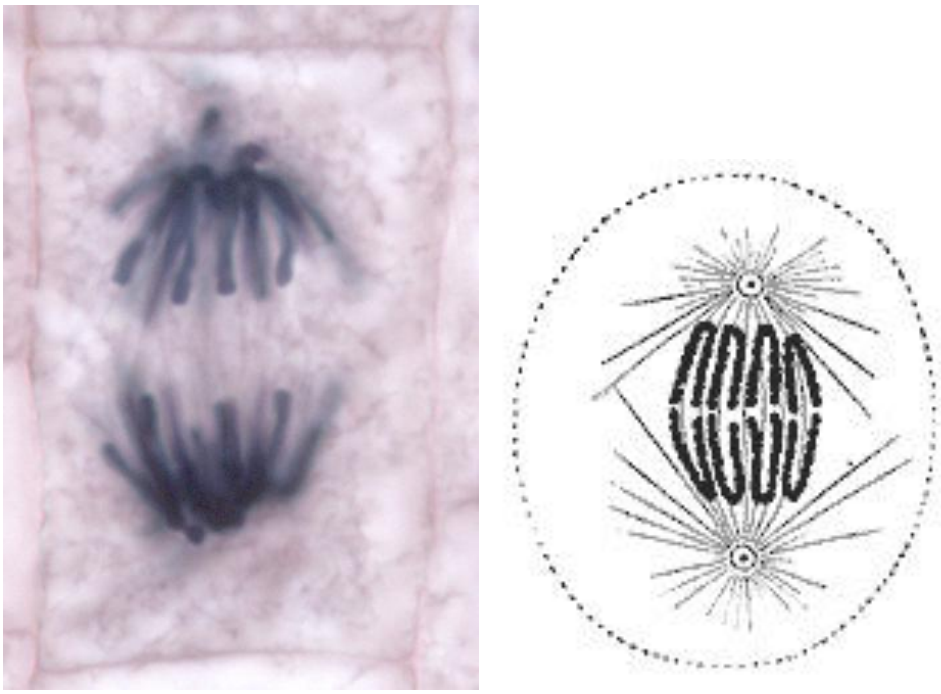


*Figura 29: à esquerda uma célula de alho em anáfase (autor Thomas Geier). À direita esquema de célula animal em anáfase. As células de vegetais superiores não têm centríolos. Fonte https://commons.wikimedia.org.*

## 5.5 – A telófase e a citocinese – formando duas novas células.

Nesta fase, os **cromossomos chegam aos polos**, "estacionando" próximos aos centrossomos. Lá eles **descondensam para retornar à atividade metabólica**. Neste momento se **reorganizam os núcleos** de cada lado da célula. Ao mesmo tempo, forma-se um **anel contráctil** na região equatorial da célula que é estruturado por filamentos de proteínas **actina e miosina** (as mesmas cujas famílias são responsáveis pela contração dos músculos) (figuras 30 e 31).

O anel contráctil fará a **constrição (estrangulamento) do citoplasma**, separando-o em dois e, consequentemente, **formando as duas células filhas idênticas à célula parental**. Esta separação citoplasmática é chamada de **citocinese**.

Na **citocinese**, ocorre a **distribuição das organelas membranosas** entre as células filhas.

Pode ocorrer mitose sem que haja separação das células filhas, ou seja, sem citocinese. Isso pode gerar **células multinucleadas**, como em **trofoblastos**, **células musculares cardíacas** e **hepatócitos**.

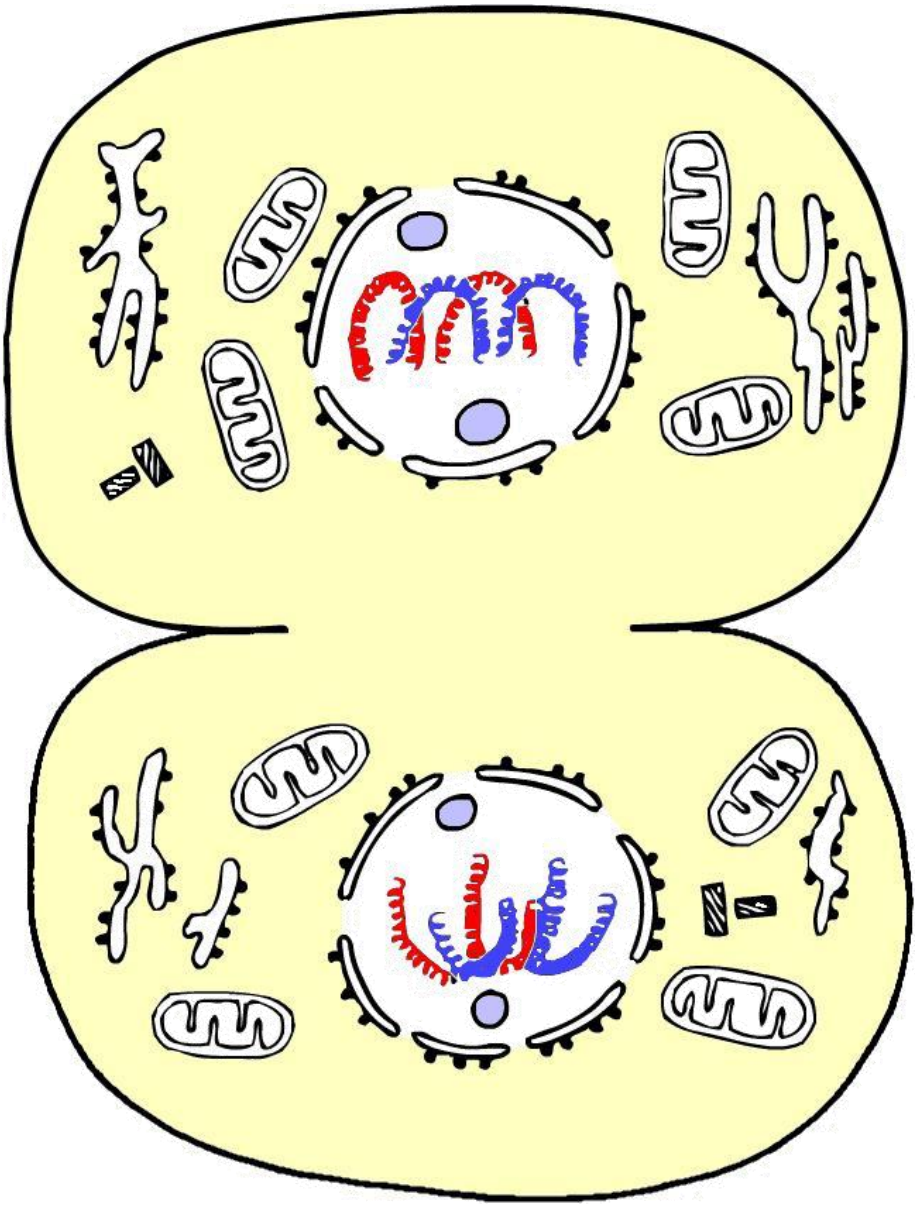


***Figura 30: esquema de célula em telófase. Note os cromossomos descondensando e o núcleo sendo recomposto. Fonte https://commons.wikimedia.org.***

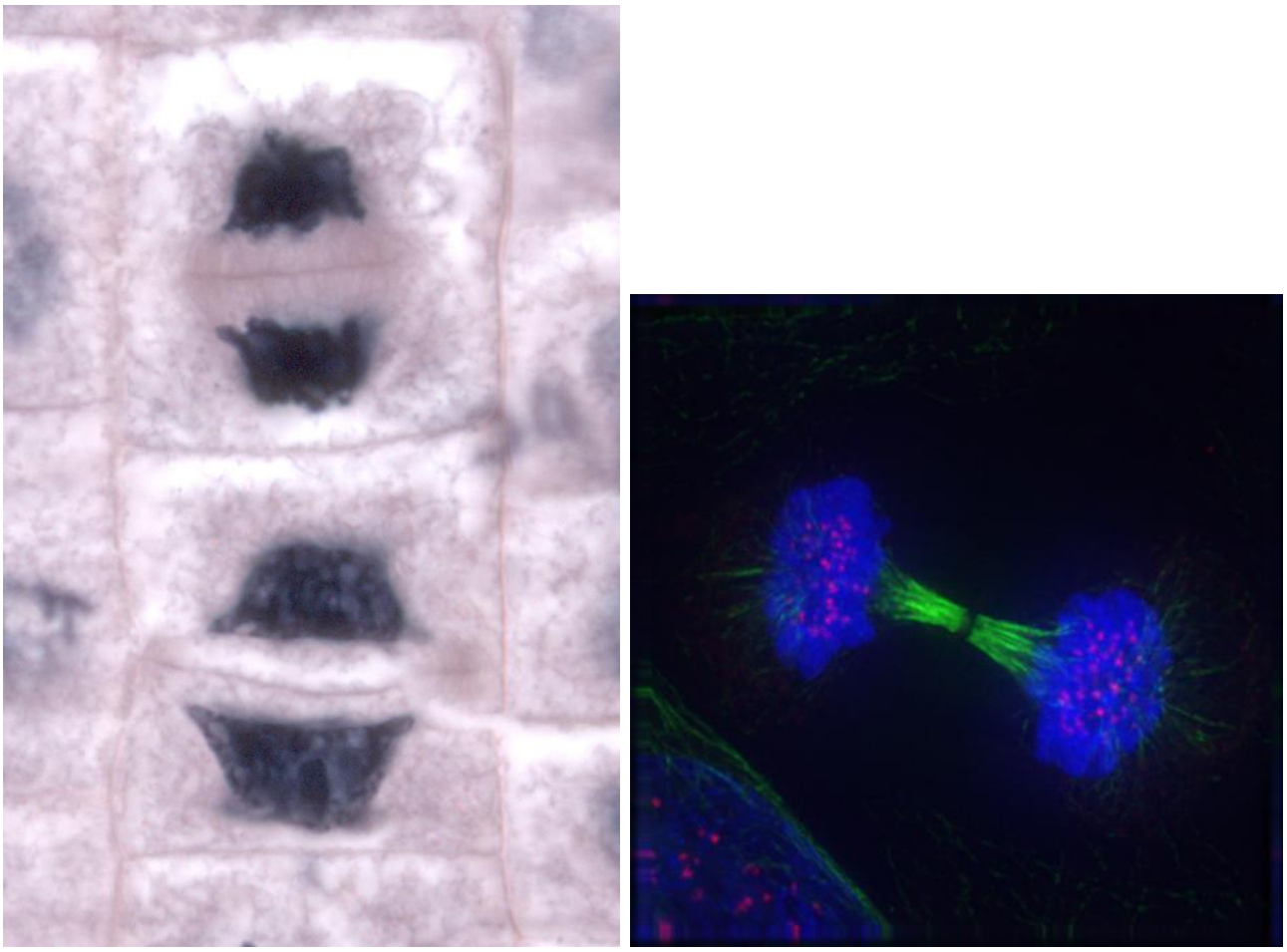


*Figura 31: à esquerda, duas células vegetais de alho em telófase. Note que a parede celular e o citoplasma, diferente da célula animal, se formam de dentro para fora da célula (forma centrífuga). À direita uma fotomicrografia de microscopia confocal, na qual vemos célula em telófase. Fonte https://commons.wikimedia.org.*

Há algumas diferenças entre a **mitose das células vegetais e das células animais, em especial na citocinese:**

- A mitose nas células de vegetais superiores **não apresenta atuação de centríolos,** portanto, ocorre de forma **acêntrica ou anastral**.
- Nas células animais o citoplasma de divide por estrangulamento, de forma **centrípeta**. Nas células vegetais os **remanescentes do fuso mitótico** geram uma **lamela ou lâmina** no centro da célula, formando assim uma nova **parede celular** que divide o citoplasma em duas células filhas de forma **centrífuga (de dentro para fora)**.

É importante entender que a mitose é também uma forma de **reprodução celular** de organismos mais simples, como **protozoários**. Esta divisão é um tipo de **reprodução assexuada**, denominada **bipartição, cissiparidade ou brotamento.**

Células **procariontes não se dividem por mitose**. Elas sofrem **divisão binária**. Um processo mais simples, mas que envolve **replicação do cromossomo bacteriano**, **migração** dele **para os polos** da célula e **divisão do citoplasma** formando novas paredes celulares.

Um método interessante para você estudar essas fases é se atentar a alguns prefixos gregos, como o prefixo ANA. Este prefixo quer dizer separação. Lembre-se de ANATOMIA, uma palavra formada pelo prefixo ANA – *separação, partes* – e TOMOS – *corte*, ou seja, cortar em partes. Assim lembraremos que ANAFASE, é a fase da separação. O prefixo grego TELO, significa *fim, limite*. Logo, a telófase é a última fase, a fase limite, quando a célula mãe forma as duas filhas.

Para facilitar ainda mais, vamos utilizar um método mnemônico infalível. Lembre-se da seguinte frase: **Prometa Ana tel**efonar. Temos aqui os prefixos gregos que dão nome às fases da mitose organizados de forma perfeita! **Pro** fase, **Meta** fase, **Ana** fase, **Tel**o fase. Basta adicionar a **Interfase antes de tudo e a ProMetáfase entre a Prófase e a Metáfase**.

## 5.6 – O controle celular mitótico

As células se utilizam de mecanismos de **controle molecular** que impedem que o ciclo mitótico prossiga caso **erros tenham ocorrido no processo de divisão do DNA** ou **outros pontos do ciclo**, chamados de **pontos de checagem (*checkpoints*)**.

Estes pontos não permitem que a célula avance no ciclo celular sem antes passar por eles. Caso sejam constatados erros nos processos celulares que levariam a uma divisão normal, a célula pode entrar em **apoptose**, ou seja, em **morte programada.** Este processo, por sua vez, envolve a quebra do material genético, degradação de organelas e degradação total da célula, na maioria das vezes, por ação de nosso sistema imune que finaliza a limpeza dos fragmentos gerados pela degradação celular.

São conhecidos **três *checkpoints*** que ocorrem em **G2, G1 e na metáfase**. Nestes pontos, atua um grupo de proteínas chamadas **CDKs** ou, em português, **quinases dependentes de ciclinas**. Estas se ligam a proteínas chamadas **ciclinas** que têm sua produção e atividade reguladas **temporalmente** de acordo com a fase do ciclo celular.

Quando os processos de apoptose falham e erros são proliferados nas células, podemos ter a ocorrência de divisões descontroladas gerando **tumores (neoplasias)** e originando a doença que conhecemos como **câncer.** Estes podem ser classificados em relação ao quanto são invasivos, podendo ser **benignos**, quando se encontram no interior dos tecidos (encapsulados) ou **malignos**, quando invadem tecidos adjacentes, gerando migrações para outros tecidos e órgãos do corpo (as metástases).

## ***RESUMO DA MITOSE***

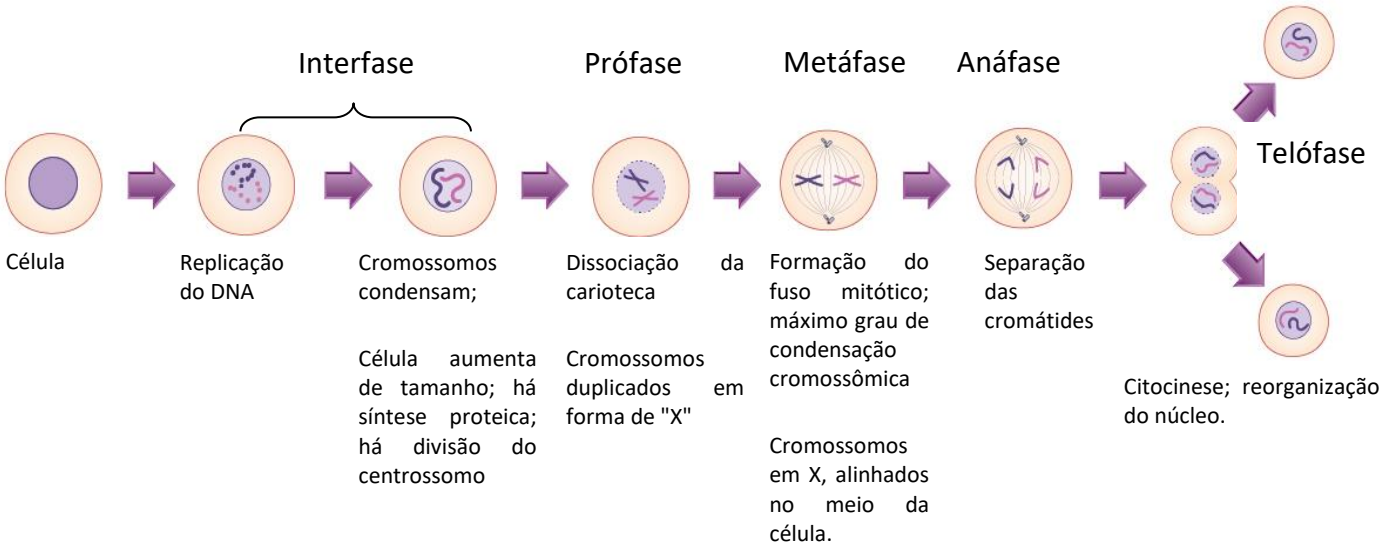



***Figura 32: Resumo das fases da mitose. Fonte: wikicommons.***

# 6 – Divisão Celular - Meiose

A **meiose** é um processo de divisão que está relacionado, em geral, a geração de **células germinativas, também chamadas de gametas ou genoblastos, responsáveis pela reprodução sexuada dos seres vivos.** Nos animais, células germinativas incluem os óvulos (feminino) e espermatozoides (masculino). Nas plantas tais células são chamadas de anterozóides (masculino) e oosferas (feminino), porém as plantas utilizam, alternativamente, de esporos para uma fase da reprodução. Fato é que **a meiose reduz a ploidia da célula mãe pela metade**, o que lhe traz a denominação de divisão **reducional** (figura 34). Portanto, a meiose irá sempre originar **células haploides**.

O que é essa ploidia que estamos falando? A **ploidia** se relaciona à **quantidade de cópias que temos de um genoma em uma célula**. Ela é representada na biologia pela letra "**n**". Nós humanos temos **duas cópias do genoma (portanto, somos 2n) nas células somáticas (*soma* = corpo)**. O nosso genoma é organizado nos **cromossomos homólogos**, ou seja, temos **dois cromossomos de cada tipo**. Como é um total de **23 cromossomos** na nossa espécie, então **na maioria** das células do nosso corpo, temos **46 cromossomos**, 23 de cada tipo (figura 33). A essa condição chamamos de **diploidia (prefixo *di* = dois)**. Estes cromossomos homólogos apresentam as sequências de DNA semelhantes, **não idênticas!**

Veja que acima nós destacamos que **a maioria** das células de nosso corpo são diploides. Isso por que nossas **células germinativas** (espermatozoides e óvulos) são **haploides (n)**. Elas são originadas por **meiose** e, portanto, têm apenas **metade de nossa quantidade de cromossomos**. Quando há a fecundação do óvulo pelo espermatozoide, a célula gerada (o **zigoto**) vai apresentar 23 cromossomos do óvulo mais 23 cromossomos do espermatozoide, ou seja, 46 cromossomos. Assim, quando ocorre a **fecundação**, nossa quantidade de DNA, típica de nossa espécie, volta ao "normal". A evolução favoreceu este tipo de dinâmica reprodutiva, de forma que muitos dos animais e vegetais têm a maior parte de seu ciclo de vida diploide e uma fase breve haploide, em geral utilizada somente para a reprodução.

Há na natureza indivíduos **poliploides**, ou seja, **com mais de duas cópias do genoma em cada célula**, incluindo muitas das plantas cultivadas atuais (milho, trigo, arroz, entre outras), relacionado em muitos casos com um aumento de produtividade dessas. Apesar de extremamente raro, alguns animais (peixes, anfíbios, répteis e uma única espécie de mamífero) também apresentam essa característica.

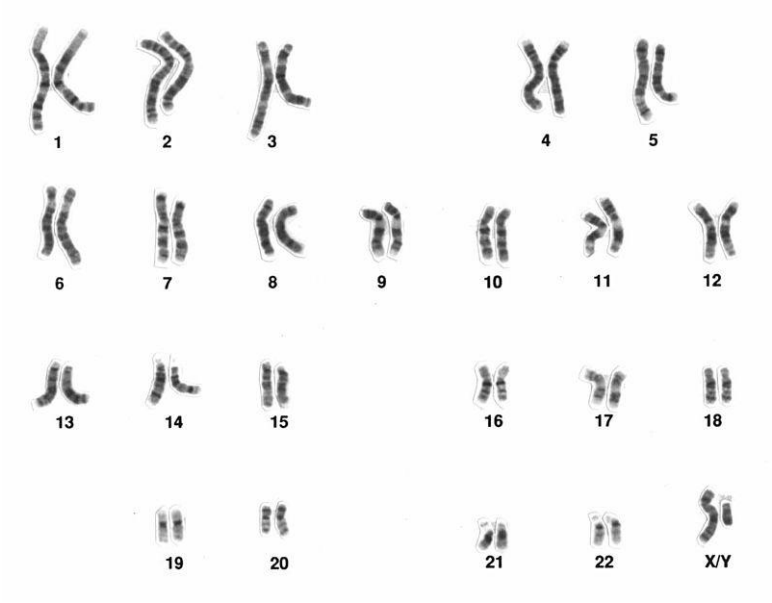



*Figura 33: um cariótipo humano com os 46 cromossomos (2n), organizados em 23 pares de homólogos. Fonte National Human Genome Research Inst.*

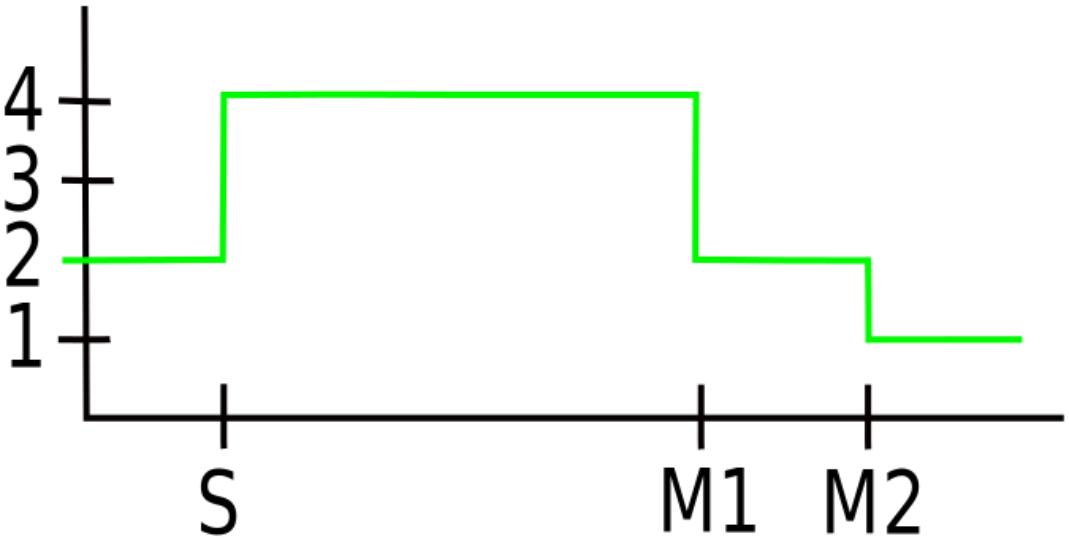



*Figura 34: gráfico da quantidade de DNA em uma célula em processo de meiose. A quantidade de DNA dobra na fase S, quando há duplicação dos 46 cromossomos que as células humanas têm. Na primeira divisão (M1) haverá separação dos cromossomos homólogos, sendo reduzida pela metade essa quantidade de DNA. Na divisão subsequente (M2) haverá a separação das cromátides irmãs, reduzindo novamente pela metade a quantidade de DNA. Fonte: https://commons.wikimedia.org.*

A meiose ocorre em **dois momentos**, nos quais haverá **duas divisões celulares**. Cada momento é convenientemente dividido em **fases**, assim como a mitose. As nomenclaturas das fases são as mesmas, acrescidas de números que representam os momentos.

Assim teremos:

- **Divisão I (Reducional)– Prófase I; Metáfase I; Anáfase I e Telófase I**
- **Divisão II (Equacional)- Prófase II; Metáfase II; Anáfase II e Telófase II**

Entre estas fases pode haver um **período intermediário**, chamado de **intercinese**. Ele é semelhante à interfase mitótica, mas **sem a duplicação do DNA**.

Vamos estudar cada uma destas fases.

## 6.1 – A primeira divisão da meiose

### 6.1.1 – A prófase I.

A prófase I consiste na **mais complexa e longa fase da meiose**, podendo ocupar até 90% do tempo que a célula levará para se dividir e podendo durar dias ou anos. Nesta fase, os **centríolos se dividem** e ocupam os polos opostos, há **condensação cromossômica** – lembrando que o **DNA já se duplicou na interfase**; há **desaparecimento do nucléolo e da carioteca, esta última, somente no final desta fase**.

Nesta fase um importante processo ocorre: a **sinapse cromossômica**. Ele consiste no **pareamento dos cromossomos homólogos, gerando uma ligação física entre as cromátides**, formando uma estrutura chamada de **bivalente ou tétrade** – **que são formadas pelas quatro cromátides dos dois cromossomos homólogos**.

Este processo tem **grande importância evolutiva**, pois permite que ocorra a **recombinação cromossômica**. Esta **recombinação** é a **troca de segmentos entre os cromossomos homólogos**. Ela promove **variabilidade individual** e é um dos processos envolvidos na **evolução dos seres vivos**. O processo que gera essa troca de pedaços entre os cromossomos é chamado de ***crossing over* (ou permuta)**. Cada ponto de conexão entre as cromátides homólogas é chamado de **quiasma** (ou "chiasma"). Estes quiasmas são importantes, pois além de **evidenciar pontos de contato**, auxiliam na movimentação dos cromossomos para os polos na primeira divisão da meiose. Importante notar que os cromossomos sexuais

(X e Y) também apresentam uma **pequena região homóloga**, a qual sofre *crossing over* e auxilia no processo de segregação.

Se associarmos a fecundação e o processo meiótico como um todo, verificaremos que os 46 cromossomos de nossa espécie, em combinações aleatórias, poderiam gerar cerca de 8.400.000 gametas diferentes, pelo simples fato de que os cromossomos serão aleatoriamente divididos nas células filhas (germinativas). O processo de **crossing over** aumenta ainda mais a geração de variabilidade. Estes processos somados promovem **variabilidade genética** tão importante para evolução das espécies.

Todo este processo de recombinação genética ou recombinação cromossômica ocorre na **prófase I** que é dividida em **cinco estágios**, determinados pela morfologia adotada pelos cromossomos pareados:

1. **Leptóteno**: fase no qual a cromatina já **duplicada** desde a interfase aparece **fina**, iniciando-se **sua condensação,** há a extensão da cromatina a partir de um eixo proteico comum às duas cromátides irmãs.
2. **Zigóteno**: inicia-se a formação de **uma conexão física entre os homólogos**, formada por um **complexo de proteínas**, semelhantes a uma escada ligando-os, denominado **complexo sinaptonêmico**. Este contato entre os homólogos é chamado de **sinapse. O complexo sinaptonêmico é a estrutura que é utilizada como guia para a divisão em cinco estágios da prófase I.**
3. **Paquíteno**: fase na qual há grande condensação cromossômica, suficiente para que se **visualizem as quatro cromátides** (dos dois homólogos), formando o **bivalente**. Também é possível **visualizar as sinapses geradas pelo complexo sinaptonêmico**. Pode durar dias.
4. **Diplóteno**: Nesta fase os cromossomos atingem mais condensação e se **afastam** um pouco, o que possibilita a **visualização da duplicidade da tétrade**, e alguns **quiasmas**. Nesta fase, em células germinativas femininas de animais não mamíferos há grande atividade de transcrição, ou seja, de leitura (expressão) gênica gerando RNA.
5. **Diacinese**: Nesta fase o **nucléolo se desfaz** por completo. Os cromossomos continuam se condensando e há **separação dos homólogos** ou **terminalização dos quiasmas**. Não é fácil delimitar o diplóteno da diacinese, em especial em células de gametas masculinos.

## 6.1.2 – Metáfase I

Temos na metáfase I a fase de **maior condensação cromossômica**, assim como na mitose. Nesta fase haverá a migração dos cromossomos homólogos para a região **equatorial** da célula, onde os microtúbulos (fibras do fuso) se ligarão **a somente um dos lados do cinetócoro** – a região dos cromossomos onde está o centrômero e onde há pontos de ligação para a sua separação. Veja que como a ligação ocorreu em apenas **um dos lados do cinetócoro**, as **cromátides irmãs não irão se separar** na fase seguinte. Não haverá "quebra" ou divisão do cromossomo. Haverá, no entanto, **separação dos cromossomos homólogos para os polos da célula**. Ou seja, os cromossomos homólogos que estavam pareados serão, na próxima fase, separados um do outro, mas não terão as cromátides divididas!

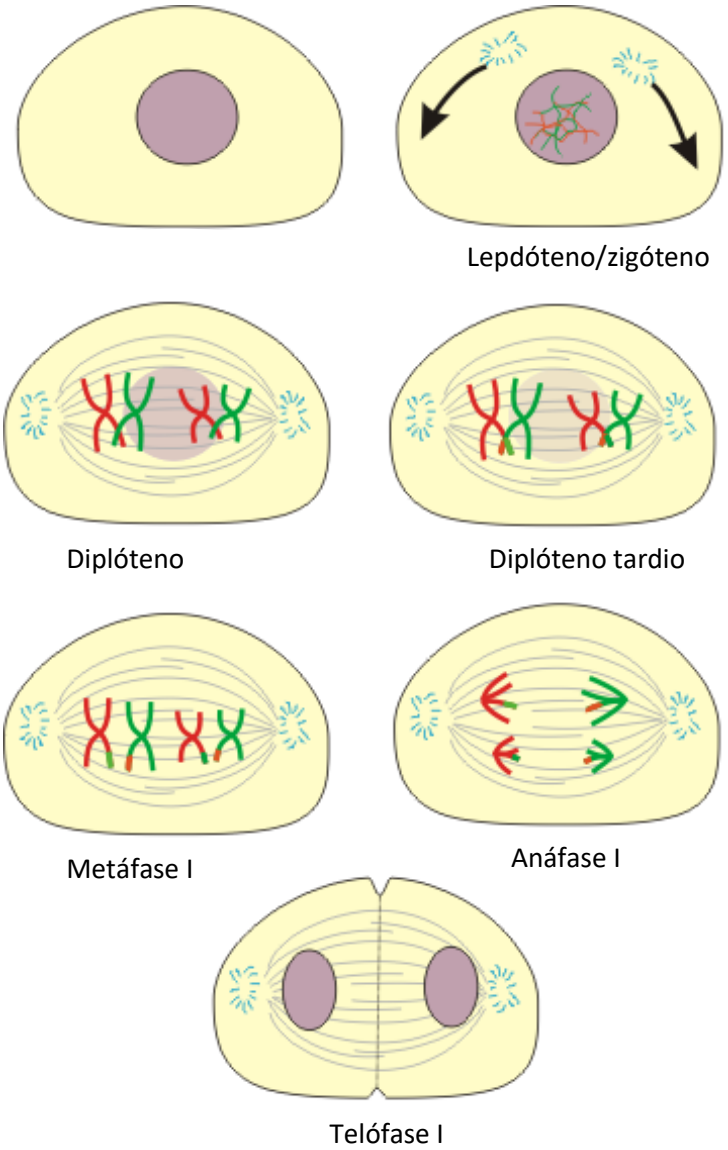
## 6.1.3 – Anáfase I

Nesta fase haverá a **separação dos cromossomos homólogos**. Importante: **HAVERÁ SEPARAÇÃO DOS CROMOSSOMOS, NÃO DAS CROMÁTIDES!** Ou seja, cada **cromossomo duplicado** (com as cromátides unidas) irá para uma célula filha. O processo de migração é semelhante ao da mitose quanto **ao encurtamento das fibras do fuso**.

## 6.1.4 – Telófase I

Nesta fase haverá **descondensação dos cromossomos, reaparecimento do núcleo e do nucléolo**. Esta fase pode ser pulada em alguns organismos, de modo que a célula imediatamente entre na prófase II. Caso ela ocorra, em geral há uma fase curta entre as divisões, chamada de **intercinese**.

Na figura 35 abaixo, temos um resumo da primeira fase da meiose.



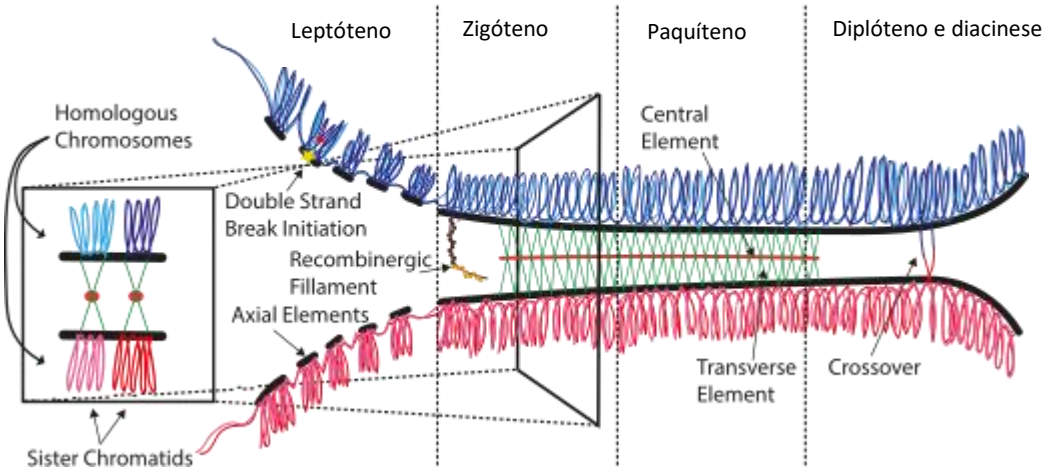




*Figura 35: Acima - a meiose I e suas fases (Modificado do original de Frank Boumphrey.Abaixo - as cinco fases da profase I). No paquíteno podemos visualizar o complexo sinaptonêmico.( Fonte: Daniel Wells2020, em* https://ora.ox.ac.uk/objects/uuid:8c1f75a8-ecc3-4ffe-b01f-d2e92c75e66c*).*

## 6.2 – A segunda divisão da meiose – semelhante à mitose

### 6.2.1 – Prófase II

**Dissocia-se o envoltório nuclear novamente**. Os cromossomos voltam a se **condensar** e forma-se um novo fuso bipolar, em geral **perpendicular ao fuso da primeira divisão**.

### 6.2.2 – Metáfase II

Nesta fase, temos os cromossomos posicionados na região equatorial da célula (mediana) e ocorrerá a **ligação das fibras do fuso (microtúbulos) em ambos os lados (ou ambos os polos) dos cinetócoros dos cromossomos**. Reparem que esta fase é diferente da metáfase I, pois naquela as fibras do fuso de ligam a **somente um lado do cinetócoro**.

### 6.2.3 – Anáfase II

Nesta fase há finalmente a **separação das cromátides irmãs**, ou seja, o cromossomo duplicado se **separa em dois**, devido ao encurtamento das fibras do fuso.

### 6.2.4 – Telófase II

Os citoplasmas das células se dividem como no processo de mitose. Há **estrangulamento** do citoplasma, gerando duas células filhas (quatro no processo total). O **envoltório nuclear se reorganiza e os cromossomos descondensam**.

Agora temos **quatro células geradas a partir de uma**. E estas células têm **metade do número de cromossomos da célula mãe**. Ou seja, o processo inteiro gerou quatro células **haploides** (figura 36).

As figuras 37 e 38 abaixo mostram um resumo da segunda fase da meiose.

Na figura 39 podemos ver uma comparação entre a mitose e a meiose.

*Figura 36: Quatro células filhas depois de uma meiose. Autor Dr. Josef Reischig*

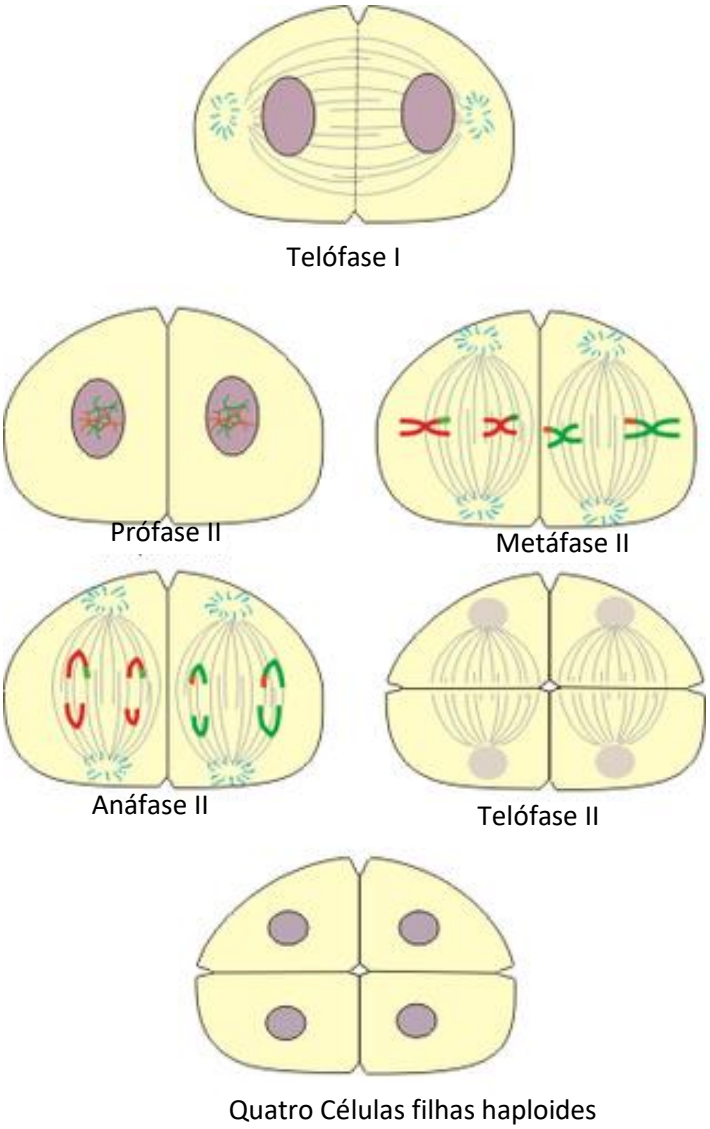



***Figura 37: esquema mostrando a segunda divisão da meiose (meiose II), iniciando a partir da fase final da meiose I. Modificado do original de Frank Boumphrey.***

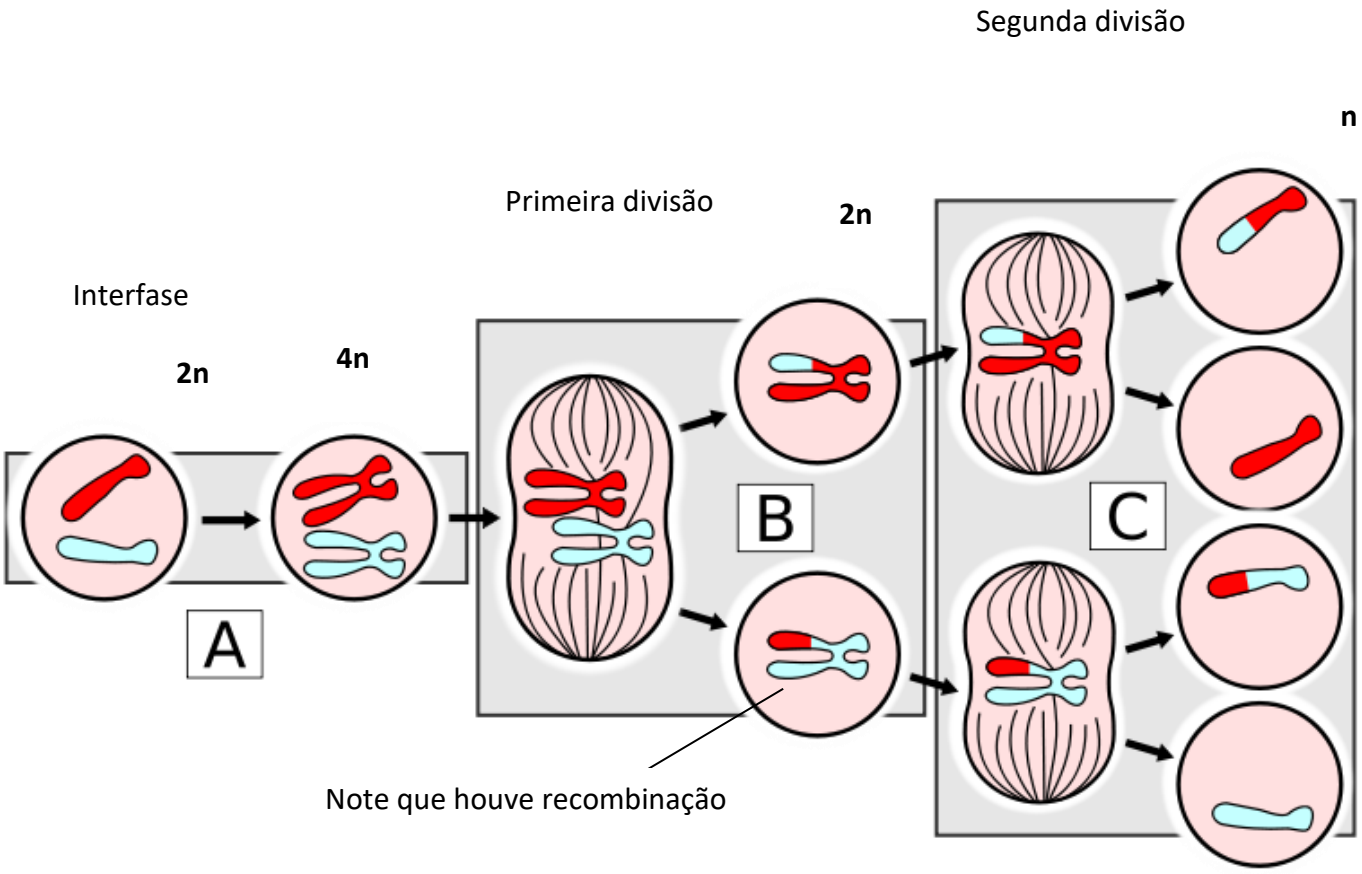



*Figura 38: Esquema mostra uma célula que contém apenas dois cromossomos homólogos (um azul e um vermelho) na sua constituição genética. A fase A e B correspondem a interfase e à primeira divisão da meiose, quando ocorre separação dos cromossomos homólogos. A parte B mostrada no esquema mostra as duas células filhas resultantes da meiose I, cada uma contendo um dos homólogos. Nelas, podemos notar que dois segmentos das cromátides foram trocadas, representadas pelas cores azul e vermelha nos cromossomos. A região C mostra a segunda divisão meiótica, que se assemelha a uma mitose. Ao seu final temos a formação de quatro células filhas haploides contendo cada uma um cromossomo. Em duas delas observamos cromossomos que sofreram recombinação.*

*Fonte: https://commons.wikimedia.org.*

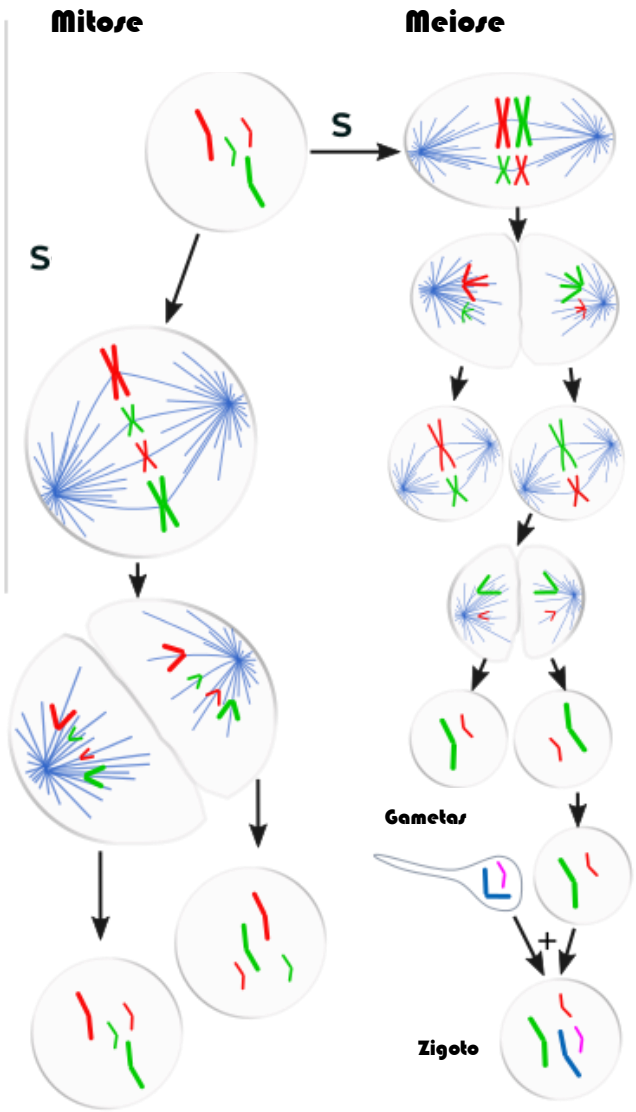



*Figura 39: as diferenças entre a meiose e a mitose. Fica claro na figura a divisão dos cromossomos, diferenciando os dois processos. Fonte* https://commons.wikimedia.org.

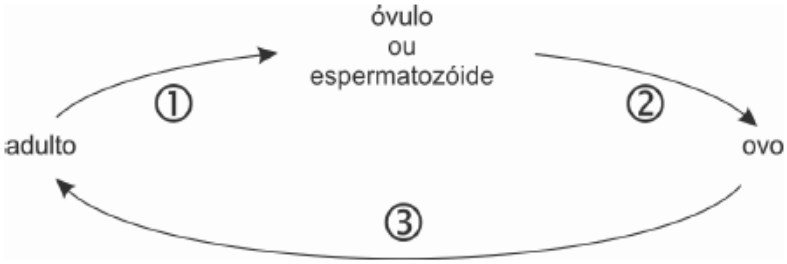
O processo de divisão meiótica não é perfeito. Ele apresenta uma taxa de erro que é inerente à nossa espécie. Pode ocorrer, por exemplo, um erro na separação dos cromossomos homólogos na primeira divisão da meiose, o que irá gera células filhas com mais cópias de um determinado cromossomo. Isto ocorre, por exemplo, na Síndrome de Down, caracterizada por uma trissomia do cromossomo 21, ou seja, pela presença de três cromossomos 21 no indivíduo. Na grande maioria dos casos, quando há erros na meiose, o zigoto ou as células germinativas que se formam acabam morrendo.

A tabela abaixo resume as divisões celulares, apontando suas diferenças.

| Mitose | Meiose |
|---|---|
| Uma divisão nuclear e citoplasmática | Duas divisões nucleares e citoplasmáticas |
| Duas células filhas que ainda podem se dividir por mitose | Quatro células filhas que não podem sofrer nova meiose, mas podem sofrer mitose |
| Células filhas geneticamente idênticas às mães e entre si | Células filhas geneticamente diferentes entre si e em relação à célula mãe |
| Cromossomos não sofrem recombinação | Cromossomos sofrem recombinação formando sinapses e quiasmas |

EXERCÍCIO DE FIXAÇÃO – 06

6. (**PC RJ 2009**): O esquema a seguir representa o ciclo reprodutivo na espécie humana.




Após analisar o esquema, é correto afirmar que a meiose ocorre apenas em:

a) 1

b) 2

c) 3

d) 1e2

e) 2e3

EXERCÍCIO DE FIXAÇÃO - 07

7. (**PC PIAUI 2012):** No estudo da meiose, qual das alternativas abaixo está correta?

a) Crossing-over ou intercinese é o estágio entre a 1 e 2 divisão meiótica.

b) XX são cromossomos sexuais que determinam o sexo masculino.

c) A recombinação celular não promove a diversidade genética.

d) Autossomos é a classificação dos cromossomos que inclui os cromossomos sexuais.

e) células com dois lotes completos de cromossomos são ditas nessa condição de haploides.

# 7 – A obtenção de energia pelas células: Respiração celular, fermentação e fotossíntese.

As células respiram! Mas não como "nós"!

O processo típico de respiração depende da entrada de ar nos pulmões, o que é gerado por diferenças de pressão entre o interior do tórax e o meio externo. De fato, o que chamamos comumente de respiração pulmonar deveria ser corretamente chamado de **ventilação pulmonar**.

A **respiração celular** ocorre com a **oxidação de compostos gerados a partir da degradação de nutrientes**, resultando na produção de uma molécula que transfere energia química. Essa molécula é necessária para que as reações químicas das células ocorram. Essa molécula é chamada de **ATP**. Esta sigla vem das palavras **ADENOSINA TRI FOSFATO**.

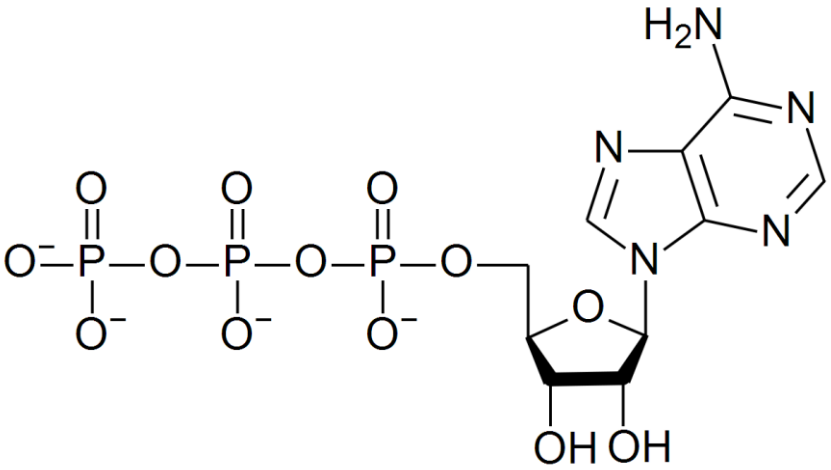



*Figura 40: A estrutura química de uma molécula de ATP. À esquerda notamos os três átomos de fósforo (P) ligados a átomos de oxigênio (O). Ao centro notamos o carboidrato (ribose) e na direita encontramos a adenina.*

A adenosina é uma molécula formada por uma base nitrogenada (**adenina**; a mesma que forma o DNA) e um **carboidrato** (uma pentose chamada **ribose**; a mesma que forma o RNA). Essa molécula é ligada a **três átomos de fósforo ligados a átomos de oxigênio**, daí o nome **tri fosfato** (figura 40). O que ocorre é que estas ligações de **fosfato** funcionam como verdadeiras **reservas de energia para as células**, de forma

que podemos fazer uma analogia com as "**moedas" que utilizamos no dia a dia**. Assim, quando nos alimentamos, algumas moléculas presentes nos alimentos são **digeridas (ou quebradas quimicamente)** e sua energia é trocada nas células por energia na forma de **ATP**, as "moedas" que serão utilizadas nas reações bioquímicas que compõem nosso metabolismo.

Quando a célula necessita de realizar alguma reação que **demande energia, ela usa ATP**. Exemplo: quando você **contrai algum músculo**, é essa molécula que possibilita que as proteínas das células musculares se liguem umas às outras e se desliguem depois.

O processo de **respiração celular**, portanto, é a **geração de ATP a partir de nutrientes**. O mais comum nutriente utilizado para esta finalidade é a **glicose, um carboidrato (açúcar).** Entretanto, **aminoácidos** e **lipídios (ácidos graxos)** também são utilizados na síntese do **ATP**.

A respiração celular pode ocorrer tanto **na presença como na ausência de oxigênio**. No primeiro caso, ocorre **o processo aeróbico,** que gera mais energia - maior quantidade de ATP. No segundo, ocorre o **processo anaeróbico** (sem oxigênio), que gera menos energia do que o primeiro.

## 7.1 – A respiração aeróbica

Este processo gera uma **grande quantidade de ATP** para a célula. Ele consiste na oxidação de compostos gerados a partir da degradação de nutrientes, utilizando o **gás oxigênio** como agente oxidante. O oxigênio funciona como receptor final de **elétrons** que serão **"removidos"** de moléculas formadoras dos alimentos. Estas reações geram **água, gás carbônico e energia** que será armazenada pela célula na forma de ATP.

O gás oxigênio que participa deste processo é obtido por meio da respiração pulmonar (ou de outras formas de respiração como a cutânea ou branquial). Ele está presente em 21% da nossa atmosfera sendo dela obtido. Os compostos que serão oxidados por este gás são resultantes da oxidação de carboidratos (glicose), aminoácidos e ácidos graxos obtidos na nossa alimentação, ou resultantes da utilização de reservas energéticas do próprio corpo (triglicérides).

Há **três importantes vias metabólicas** que devem ser conhecidas para o entendimento de como as células respiram, ou seja, como elas produzem ATP. A primeira é chamada **de fosforilação oxidativa.** Ela ocorre no interior da **mitocôndria**. Tem como reagentes moléculas chamadas **coenzimas**, que são verdadeiros **transportadores de elétrons retirados dos nutrientes**. São elas **Nicotinamida Adenina Dinucleotídeo (NAD) e Flavina Adenina Dinucleotídeo (FAD)**.

Estas moléculas **recebem elétrons** em outras vias metabólicas e se reduzem. Depois, elas **transferem** estes elétrons para uma **série de proteínas** organizadas em ordem **crescente** de afinidade eletrônica, gerando uma **cadeia transportadora de elétrons**. A última das proteínas que compõe esta cadeia, transfere os elétrons retirados dos FAD e NAD **para o oxigênio** formando **água**.

Veremos à frente como este processo gera o ATP.

Os NAD e FAD, em grande parte, são **reduzidos** em reações de uma via cíclica denominada **Ciclo do ácido cítrico, ou ciclo de Krebs (ou ciclo do ácido tricarboxílico)**. Esta via ocorre também no **interior da mitocôndria**. Ela consiste na oxidação de uma molécula de **acetila** (um grupo químico que apresenta 2 carbonos na sua estrutura), que se une a uma molécula que apresentava 4 carbonos, denominada **oxaloacetato**. O processo inteiro de oxidação gera energia na forma de GTP, além de NAD e FAD reduzidos. A molécula de acetila, que encabeça esta via metabólica **pode ser formada em diversas outras vias**. Ela pode ser gerada pela oxidação de ácidos graxos (gorduras, lipídios), de aminoácidos (que formam proteínas) ou de carboidratos. Esta última, na grande maioria dos organismos, ocorre com a **oxidação da glicose**, em um conjunto de reações chamado de **glicólise**.

Estudaremos estas três vias em detalhes a seguir.

## 7.1.1 – A Glicólise – catabolismo de carboidratos

O sufixo “lise” significa “quebra”. Logo, **glicólise significa a "quebra" da glicose**. Essa quebra consiste no processo químico de **oxidação desta molécula** e divisão de sua estrutura molecular, gerando no final da reação:

- Duas moléculas de **piruvato (que apresentam 3 carbonos na sua estrutura);**
- Duas moléculas **de ATP;**

- Dois equivalentes reduzidos de **NAD**, denominados **NADH.**

Isso ocorre em 10 reações que são catalisadas por enzimas específicas presentes **no citoplasma** das células.

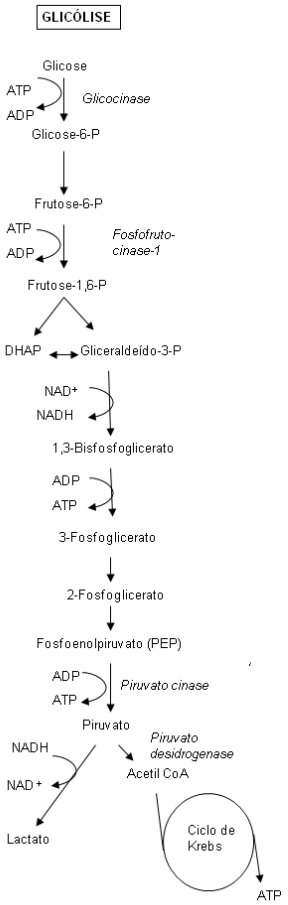
**A glicólise ocorre no citoplasma da célula**.

As reações da glicólise ocorrem **independentes da presença de oxigênio**.

A glicose tem na sua composição **6 átomos de carbono.** Ela será "quebrada" em **duas moléculas** com **três átomos de carbono**, que chamamos de **piruvato** (figura 41). Estas duas moléculas irão então ser transportadas para **dentro da mitocôndria** onde ocorrerá o ciclo do ácido cítrico ou ciclo de Krebs.

Na glicólise, 4 elétrons ($e^-$) e 2 íons de hidrogênio ($H^-$) são capturados por duas moléculas da coenzima **NAD**, resultando em duas moléculas de **NADH**, a forma reduzida da coenzima. As moléculas de **NADH** irão posteriormente gerar um **potencial químico** no **espaço intermediário da mitocôndria**. Este potencial será utilizado para **gerar energia na forma de ATP**, como veremos na fosforilação oxidativa à frente.

Imagine todo esse processo como um processo semelhante a uma **combustão**. A combustão, ou reação que gera fogo, nada mais é do que uma **reação de oxidação**. Nela, compostos orgânicos reagem com o gás oxigênio liberando grande quantidade de energia e gerando gás carbônico e vapor de água (entre outros gases). Lembre-se de quando você queima lenha em uma fogueira. A lenha é formada de matéria orgânica, em grande parte, representada por polímeros de glicose: a celulose e a lignina. Estes polímeros demandam muita energia para serem formados. Quando são queimados, promove-se sua oxidação, separando os carbonos que compõe a sua estrutura e reagindo-os com o oxigênio, liberando gás carbônico e muita energia na forma de calor (que forma a chama). Um processo semelhante ocorre de forma **bastante controlada** em nossas células.



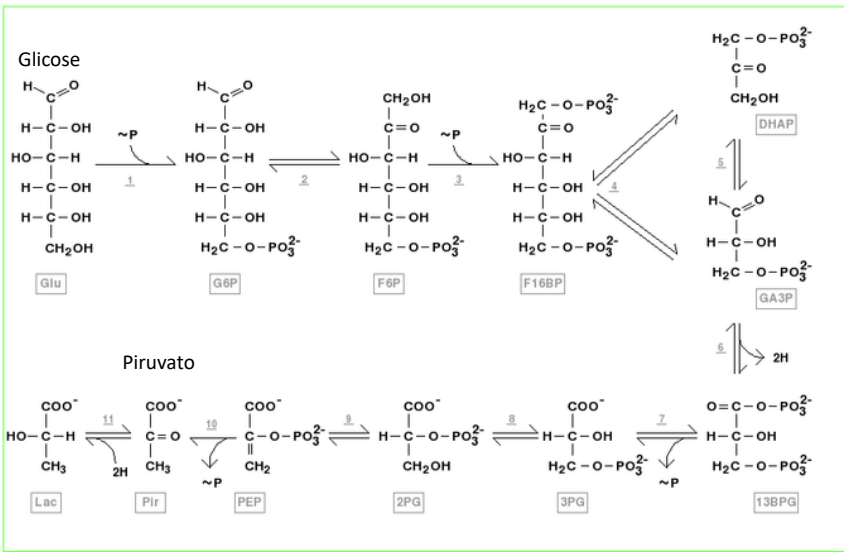




*Figura 41: Acima, as reações que compõe a glicólise. Abaixo as reações com as formulas moleculares ilustrando os processos de redução de 6 para 3 carbonos. Modificado de Patchgood - Obra do próprio, CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=64714598.*

## 7.1.2 – O Ciclo de Krebs

Este ciclo também é chamado de **Ciclo do ácido cítrico**. Importante saber que ele ocorre no **interior da mitocôndria**.

Ele irá ocorrer por uma série de reações catalisadas por enzimas que irão oxidar uma molécula de **citrato**, gerada a partir da **condensação** de uma molécula de **acetila** com uma molécula de **oxaloacetato**.

As duas moléculas de piruvato formadas na glicólise, sofrerão oxidação e perderão um carbono na forma de $CO_2$, gerando uma molécula de acetila, que irá se ligar a uma coenzima chamada de **Coenzima A**. A molécula resultante desse processo é chamada de **Acetil-CoA**. Ela será utilizada como reagente para unir o grupo acetila ao oxaloacetato. A partir desta união, gera-se o citrato que será oxidado e descarboxilado (formando $CO_2$) em todo o ciclo, gerando ao final: **uma molécula de GTP (que corresponde energeticamente ao ATP), 3 moléculas de NADH e uma molécula de $FADH_2$, para cada Acetil-CoA que entrar no ciclo.**

Não se preocupe tanto com os nomes, o que você precisa saber é que toda essa reação ocorre com o objetivo de se **gerar moléculas com potencial redutor (NADH e FADH2).** Você reparou na quantidade de **NADH e $FADH_2$** formada tanto no processo de glicólise quanto no ciclo de Krebs? **É bem maior do que a quantidade de ATP**, não?

Vejamos adiante, o que ocorre com estes compostos para finalmente gerarmos o ATP.

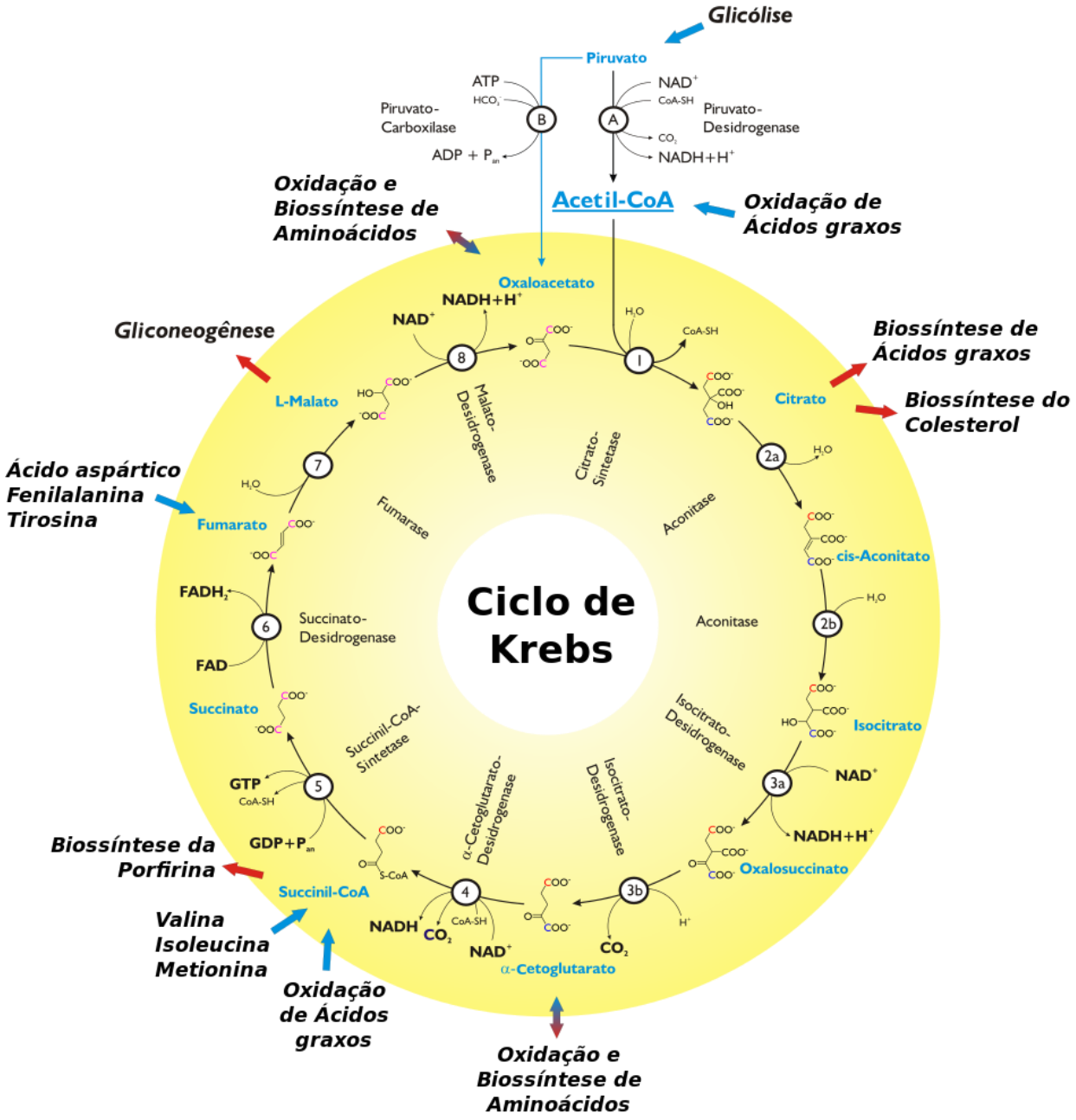



*Figura 42: O ciclo de Krebs. Fonte Wikipedia commons*

## 7.1.3 – A Fosforilação oxidativa

As moléculas de **NADH e $FADH_2$** transferem os elétrons que obtiveram na glicólise e no ciclo do ácido cítrico para complexos de proteínas presentes na **membrana interna da mitocôndria.** Essas **proteínas são organizadas em uma cadeia ou em sequência crescente de afinidade por elétrons**. Quando isso ocorre, os **elétrons são passados para esta cadeia de proteínas e átomos de hidrogênio são jogados no espaço intermediário da mitocôndria**.

As proteínas desta cadeia (que estão na **membrana interna da mitocôndria**) irão, portanto, **receber os elétrons dos NADH e $FADH_2$**, jogando para dentro do **espaço intermediário** o átomo de **hidrogênio carregado positivamente** (pois perdeu um elétron). Isso vai ocorrer com todos os NADH e $FADH_2$ produzidos na glicólise e no ciclo de Krebs. A quantidade de $H^+$ vai aumentar bastante gerando um **potencial químico** no **espaço intermediário**. Os átomos de hidrogênio irão então **retornar à matriz** mitocondrial, ou seja, ao espaço gerado no interior da membrana interna, passando por dentro de um complexo de **proteínas chamado de ATP sintase**.

Aqui está o pulo do gato! Quando o hidrogênio passa pela **ATP sintase**, **ela adiciona um fosfato inorgânico livre ao ADP (adenosina difosfato), formando ATP** (figura 43)!

**A quantidade final de ATP de todo esse processo (glicólise + ciclo de Krebs) é de 38 ATPs**! Muito maior do que a glicólise sozinha, não? Fazemos essa contabilidade levando em conta que **cada NADH** pode gerar energia para a formação de **até três ATPs** e cada **$FADH_2$** pode gerar **até dois**. Assim, teremos na **glicólise o saldo de 8 ATPs**, no **ciclo do ácido cítrico teremos 12 ATPs para cada piruvato** formado na glicólise e na **oxidação de cada piruvato para formar Acetil-CoA teremos mais 6 ATPs**. Veja as figuras acima e faça esse balanço energético.

Em resumo, **para cada molécula de glicose, iremos gerar 38 ATPs.**

O processo de transferência de elétrons para a cadeia de proteínas da membrana interna da mitocôndria e destas para o oxigênio, que descrevemos acima, se chama **Fosforilação Oxidativa**. A esta cadeia de proteínas chamamos de **Cadeia de Transporte de Elétrons**.

**O oxigênio ($O_2$)** será a molécula que vai receber os elétrons da cadeia de transporte, ao final das reações. Por isso ele é chamado de **aceptor final de elétrons**. Quando ele recebe esses elétrons que passaram pela cadeia de proteínas, ele reage com dois átomos de $H^+$ (hidrogênio) presente na matriz, **formando água ($H_2O$).**

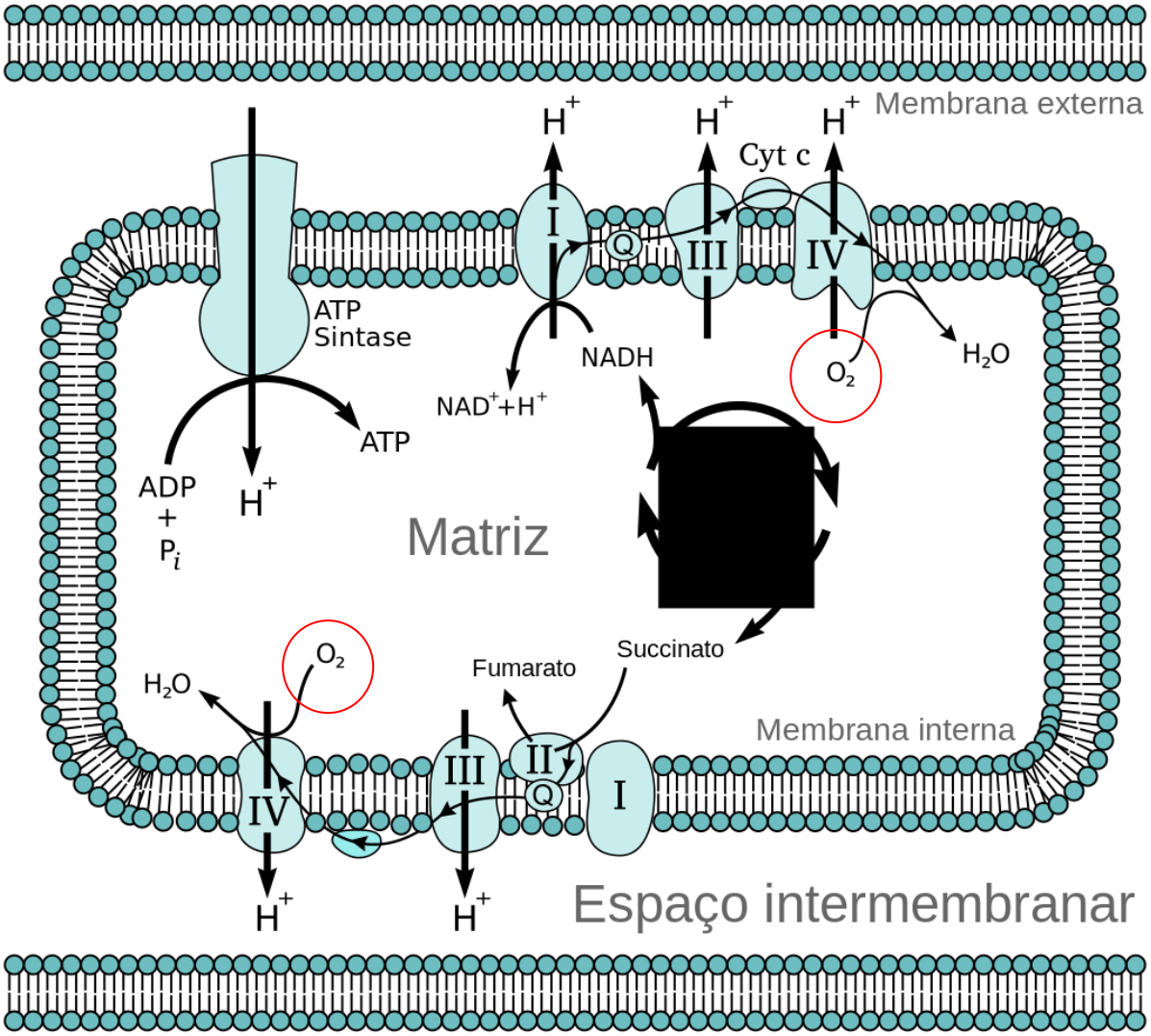



*Figura 43: Esquema mostra uma região no interior da mitocôndria e a organização da cadeia de transporte de elétrons (I, II, III e IV).*

Não somente a glicose será utilizada para gerar energia para a célula. **Ácidos graxos, aminoácidos e glicerol** também são fonte de energia, sofrendo reações químicas que geram moléculas que entram como intermediários no ciclo de Krebs, como a **Acetil-CoA**. Para se ter uma ideia, a oxidação de uma molécula

resultante da degradação de **ácidos graxos** (como o ácido palmítico) gera mais de 130 ATPs! Por isso os lipídios (gorduras) são ótimas reservas de energia.

Abaixo, temos um resumo das reações de oxidação completa da glicose no processo de respiração celular.

$$C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 \rightarrow 6\ CO_2 + 6\ H_2O + \text{energia}$$

Glicose gás oxigênio gás carbônico água ATP

Importante sabermos que as vias metabólicas estudadas ocorrem tanto em células procariontes como em eucariontes.

De fato, em bactérias observamos uma diversidade metabólica bastante superior, podendo encontrar diferentes moléculas a serem fornecedoras de elétrons (como amônia, por exemplo), diferentes aceptores finais de elétrons, e etc.

## 7.2 – A respiração anaeróbica

Este processo ocorre **sem a presença do oxigênio**. Estudamos anteriormente que quando temos oxigênio disponível, ele atua como **aceptor final de elétrons** na fosforilação oxidativa, promovendo a geração do gradiente (concentração) de $H^+$ e, portanto, ativando o funcionamento da **ATP sintase**.

Quando não há oxigênio disponível, as reações irão se limitar à glicólise e o **piruvato será reduzido a outros compostos** por meio de reações com o NADH. Isso quer dizer que o elétron que o NADH carregava vai **retornar ao piruvato**, fazendo com que se formem os **compostos lactato ou o etanol. Em ambos os casos, a quantidade de ATP produzida será muito inferior em relação ao processo aeróbio.**

O processo de formação destes compostos é chamado de **fermentação**.

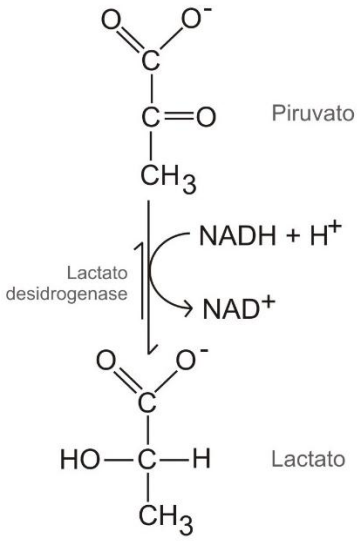
**Fermentação é o processo bioquímico de respiração celular anaeróbica.**

Biologicamente, podemos encontrar organismos que apenas realizam fermentação para obter energia (anaeróbicos obrigatórios), como algumas bactérias e outros que podem optar por fermentar ou por respirar aerobiamente, como leveduras (e bactérias - anaeróbico facultativos). Nossas próprias células podem acabar fermentando caso o aporte de oxigênio não seja suficiente para suprir a demanda energética. Essa fermentação pode causar o **acúmulo de ácido lático nos músculos gerando fadiga. Em última análise, nestes casos, o lactato cairá na corrente sanguínea e será metabolizado no fígado que o utilizará para formar glicose.**

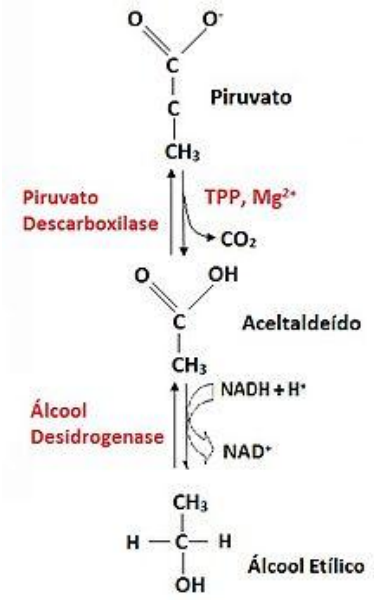
A fermentação tem um importante **valor econômico**. Há anos os humanos aprenderam a dominar o cultivo de leveduras e a utilizá-las a seu favor, produzindo **queijos, pães e bebidas alcoólicas** como o vinho e a cerveja. Todos estes produtos dependem de processos fermentativos.

**A fermentação pode ser classificada de acordo com o produto da reação, sendo chamada de fermentação láctica caso o produto seja o ácido láctico (ou lactato), ou de fermentação alcoólica quando o produto é o etanol.** Veja nas respectivas reações abaixo.

$C_6H_{12}O_6$ (glicose) + 2 ADP + 2 $P_i$ → 2 $C_3H_5O_3$ (lactato) + 2 ATP + 2 $H_2O$ + 2 $H^+$



$C_6H_{12}O_6$ (glicose) + 2 ADP + 2 $P_i$ → 2 $C_2H_6O$ (etanol) + 2 ATP + 2 $CO_2$




## 7.3 – A fotossíntese

A fotossíntese consiste numa cadeia de reações que gera **carboidratos, água e gás oxigênio** a partir de **água e gás carbônico** utilizando energia da **luz solar**. Ela apresenta **duas fases, uma clara e uma escura, chamadas de fase fotoquímica e de fase química**.

Esse processo é realizado por organismos **autótrofos** e **fotossintetizantes, que podem ser algas, cianobactérias, bactérias e plantas.**

O que ocorre é que a **clorofila**, um pigmento presente na membrana dos tilacóides que estão nos cloroplastos (figura 21) das células vegetais, **capta a luz** e utiliza sua energia para **quebrar quimicamente a água**, gerando como produto o hidrogênio e o **oxigênio ($O_2$)**. Este processo se chama **fotólise da água**.

A quebra da água gera moléculas **redutoras** de **NADPH** por meio da passagem de elétrons em uma **cadeia de proteínas** (semelhante ao que ocorre com o NADH nas membranas das mitocôndrias). Assim como na respiração mitocondrial, forma-se um gradiente de $H^+$ que ao passar pela ATP sintase gera ATP,

num processo de **fotofosforilação**. Estas reações compõem a fase **fotoquímica**. Ela ocorre na **membrana dos tilacóides.**

Este ATP e o **NADPH**, em **conjunto com o $CO_2$** retirado **da atmosfera** serão utilizados para gerar moléculas **de carboidrato, em geral glicose**. O carboidrato será gerado **pela fixação** (ou **união**) de **moléculas de $CO_2$**, em reações que formam um ciclo chamado de **Ciclo de Calvin ou Ciclo das Pentoses.** Importante entender que há **gasto de energia neste processo**. Esta fase é chamada de **fase química (ou fase escura**) e ocorre no **estroma** (o "citoplasma" do cloroplasto).

$$12\ H_2O + 6\ CO_2 \xrightarrow{\text{Luz}} 6\ O_2 + C_6H_{12}O_6\ (\text{glicose}) + 6\ H_2O$$

Entenda que o processo de gerar **glicose** pela fotossíntese **consome energia (ATP)** que ele mesmo gera. Essa glicose será utilizada pelas células para **gerar energia ou** será **armazenada** como reserva energética (amido), além de poder ser utilizada **de outras formas para a formação dos organismos (celulose ou lignina)**.

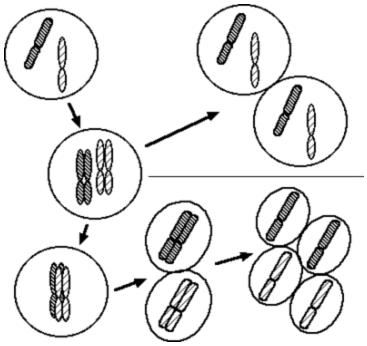
Como exemplo, podemos lembrar-nos do **amido** que está nas **batatas**. O amido é um **polímero de glicose**, ou seja, um conglomerado destas moléculas que é armazenado nas células das batatas para fins de reserva. Desta maneira, podemos pensar nas estruturas de reserva como verdadeiras baterias das plantas, nas quais a energia proveniente da luz solar é "armazenada" em forma de carboidratos.

Importante entender que a **respiração celular** das células que realizam fotossíntese ocorre normalmente e **em todo momento**, de forma **independente daquele processo**. Cuidado com questões de provas que questionem se enquanto a célula realiza fotossíntese, ela para de respirar e vice-versa. Organismos que realizam respiração aeróbica, nunca param de respirar salvo quando morrer ou salvo aqueles que conseguem sobreviver realizando fermentação.

# 8 – Exercícios

1. (**Questão Inédita Estratégia Concursos**) Com relação à figura abaixo, assina-lhe a alternativa que apresente somente informações corretas.

1



2

I – No processo de divisão celular 1, a fase de maior duração é a interfase, quando ocorre duplicação do material genético.

II – Ambos os processos produzem como resultado final células haploides.

III – O processo 2 corresponde à meiose. Na sua primeira divisão há separação das cromátides irmãs, formando células haploides.

IV – Os bivalentes são estruturas que podem ser visualizadas na prófase da primeira divisão do processo 2.

a) I, II, III e IV

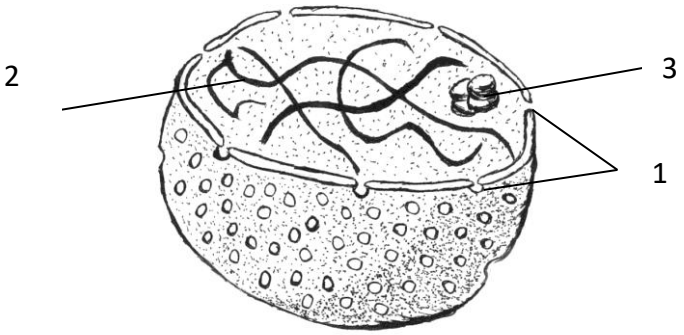
b) I, III e IV

c) II e III

d) I e IV

e) I e III

2. (**Questão Inédita Estratégia Concursos**) Com relação à estrutura representada abaixo, assina-lhe a alternativa que julgar correta.




a) Em 1 temos a indicação de ribossomos presentes na membrana interna da carioteca.

b) A indicação 2 mostra cromossomos metafásicos.

c) A indicação 3 representa o nucléolo, região do núcleo onde se concentram ribossomos e RNA.

d) A figura representa uma mitocôndria, sendo indicada em 2 o seu material genético e em 3 as cristas mitocondriais.

e) Em 1 temos a indicação de poros nucleares, formados por estruturas lipídicas octogonais.

---

3. (**CESPE/CEBRASPE**) A presença de células caliciformes é característica distintiva do epitélio de revestimento de superfícies mucosas, como as de órgãos do trato respiratório e intestinal. Essas células têm como principal atividade metabólica a produção de secreção, composta por uma mistura de proteínas altamente glicosiladas, chamadas mucinas, bem como de proteoglicanos e eletrólitos. Na base dessas células pode-se encontrar o compartimento de síntese de componentes proteicos, e o ápice é quase totalmente preenchido por vesículas que acumulam temporariamente produtos de secreção. Uma região intermediária onde ocorrem o processamento pós-traducional das cadeias polipeptídicas e o

direcionamento das moléculas recém-formadas contém uma organela bastante desenvolvida com cisternas dilatadas em associação com as vesículas de secreção. Essa organela é denominada

a) lisossomo.

b) hidrogenossomo.

c) complexo de Golgi.

d) retículo endoplasmático rugoso.

e) nucléolo.

---

4. (**CESPE/CEBRASPE**) O estoque de ATP de uma célula de tecido animal vivo, inicialmente em homeostase, foi subitamente esgotado. Nesse caso, um dos efeitos esperados quanto ao transporte de substâncias pela membrana citoplasmática dessa célula é a suspensão da atividade:

a) da bomba de Na+/K+ e dos canais iônicos com diminuição da pressão osmótica no interior da célula.

b) dos canais iônicos com aumento da pressão osmótica no interior da célula.

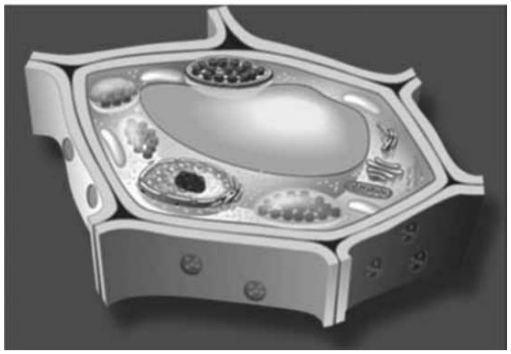
c) dos canais iônicos com diminuição da pressão osmótica no interior da célula.

d) da bomba de Na+/K+ com aumento da pressão osmótica no interior da célula.

e) da bomba de Na+/K+ com diminuição da pressão osmótica no interior da célula.

---

5. (**VUNESP**) Observe a figura de uma célula eucariótica.



(http://recursostic.educacion.es)

As características presentes que permitem sua classificação como pertencente a um vegetal é a presença de:

a) parede celular e cloroplasto.

b) mitocôndrias e vacúolo.

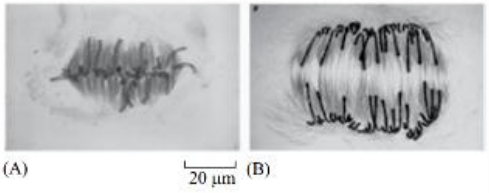
c) núcleo e nucléolo.

d) membrana celular e membrana nuclear.

e) complexo golgiense e ribossomos.

---

6. (**VUNESP**) Considere a figura a seguir, a qual mostra duas fases da divisão celular mitótica, representadas em A e B.




(*Molecular Biology of the Cell*, Alberts e cols, Garland Science, 5.ª ed. 2008)

Com base na figura, é correto afirmar que

A) os cinetocoros formam estruturas complexas e organizadas na fase de prófase, representada em A, e se separam na fase de anáfase, representada em B.

B) as fibras do fuso mitótico começam a se separar no início da fase S, ou de duplicação do DNA, como representado em A, e movem os cromossomos homólogos para polos opostos da célula, como representado em B.

C) durante a fase G2, ocorre síntese do DNA e os cromossomos se concentram na placa metafásica, como representado em A, seguida da separação dos cromossomos homólogos, como representado em B.

D) na transição da fase de anáfase, representada em A, para telófase, representada em B, os nucléolos estão dissociados e as cromátides irmãs se separam para polos opostos da célula.

E) na transição da fase de metáfase, representada em A, para anáfase, representada em B, as cromátides irmãs se separam e se movem para polos opostos do fuso mitótico.

---

7.(**FGV**) Para saber a pressão osmótica do sangue, coloca-se uma gota de sangue em soluções com diferentes concentrações de água e sal e após algum tempo, observa-se o comportamento das hemácias. A esse respeito, assinale a afirmativa correta.

(A) Caso as hemácias fiquem murchas, a solução é hipotônica.

(B) Caso as hemácias fiquem murchas, a solução é hipertônica.

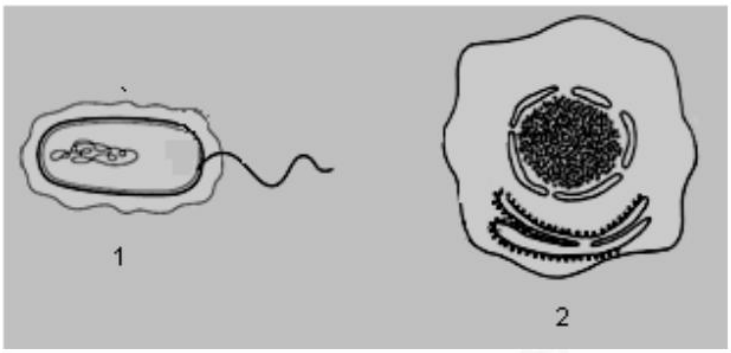
(C) Caso as hemácias fiquem inchadas, a solução é hipertônica.

(D) Caso as hemácias fiquem ligeiramente inchadas, a solução é isotônica.

(E) Caso as hemácias fiquem rompidas, a solução é hipertônica.

---

8. (**FGV**) No esquema a seguir estão parcialmente representadas as estruturas de duas células.




Analisando o esquema, é correto afirmar que

A) 1 representa um espermatozóide porque apresenta flagelo.

B) 2 representa uma célula vegetal porque apresenta um grande vacúolo.

C) 1 é de uma célula procarionte e 2 de um eucarionte, porque apenas 2 apresenta membrana nuclear.

D) 1 e 2 representam células eucariontes porque em ambos existe membrana nuclear.

E) 1 e 2 representam bactérias, sendo o 1 bactéria com flagelo e 2 sem flagelo.

---

9. (**ACP-SP**) Uma célula somática que tem quatro cromossomos, ao se dividir, apresenta, na metáfase,

a) quatro cromossomos distintos, cada um com duas cromátides.
b) quatro cromossomos distintos, cada um com uma cromátide.
c) quatro cromossomos pareados dois a dois, cada um com duas cromátides.
d) quatro cromossomos distintos, pareados dois a dois, cada um com uma cromátide

---

10. (**ACP-SP**) São responsáveis pela produção de energia (ATP) e síntese de proteínas, os respectivos organóides celulares:

a) lisossomos e complexo de Golgi.
b) mitocôndrias e ergastoplama.
c) ribossomos e lisossomos.
d) retículo endoplasmático e condrioma.

---

11. **(ACP-SP)** O evento de grande importância que ocorre na prófase da primeira divisão meiótica resultando na recombinação gênica do organismo é:

a) o pareamento entre cromossomos homólogos.
b) o "crossing-over" ou permutação.
c) a duplicação dos cromossomos.
d) a não duplicação dos centrômeros.

---

12. (**UFPA)** Sobre as funções dos tipos de retículo endoplasmático, pode-se afimar que:

a) o rugoso está relacionado com o processo de síntese de esteroides.

b) o liso tem como função a síntese de proteínas.

c)o liso é responsável pela formação do acrossomo dos espermatozoides.

d) o rugoso está ligado à síntese de proteínas.

e) o liso é responsável pela síntese de poliolosideos.

---

13. (**VUNESP**) Numa célula eucariótica, a síntese de proteínas, a síntese de esteroides e a respiração celular estão relacionadas, respectivamente:

a) Ao complexo de Golgi, às mitocôndrias e aos ribossomos.

b) Ao retículo endoplasmático liso, ao retículo endoplasmático granular, ao complexo de Golgi.

c) Aos ribossomos, ao retículo endoplasmático liso e às mitocôndrias.

d) Ao retículo endoplasmático granular, às mitocôndrias, ao complexo de Golgi.

e) Ao retículo endoplasmático liso, ao complexo de Golgi, às mitocôndrias.

---

14. (**UFSCAR**) Todas as alternativas abaixo expressam uma relação correta entre uma estrutura celular e sua função ou origem, exceto:

a) Aparelho de Golgi: relacionado com a síntese de polissacarídeos e com adição de açúcares às moléculas de proteínas.

b) Retículo endoplasmático rugoso: relacionado com síntese de proteínas produzidas pelas células.

c) Peroxissomos: relacionados com os processos de fagocitose e pinocitose, sendo responsáveis pela digestão intracelular.

d) Lisossomos: ricos em hidrolases ácidas, tem sua origem relacionada com sacos do aparelho de Golgi.

e) Retículo endoplasmático liso: relacionado com a secreção de esteroides e com o processo de desintoxicação celular.

---

15. (**UNIMEP**) Na produção de grânulos de zimógeno, participam diretamente:

a) Aparelho de Golgi

b) Nucléolo

c) Centríolo

d) Mitocôndria

e) Inclusões citoplasmáticas.

---

16. (**UFPI**) As mitocôndrias se originam a partir:

a) Dos centríolos

b) Do retículo endoplasmático rugoso

c) Do retículo endoplasmático liso

d) Do complexo de Golgi

e) De mitocôndrias pré existentes.

---

17. (**PUCC**) As associações corretas são:

| | |
|---|---|
| a. Vacúolo | I. Respiração |
| b. parede celular. | II.água e sais minerais |
| c. mitocôndria | III síntese de proteínas |
| d. ribossomos | IV. Célula vegetal |

a) aIII;bI;cIV;dII

b) aI;bIII;cII;dIV

c) aII;bIV;cIII;dI

d) aII;bIV;cI;dIII

e) aIV;bII;cI;dIII

18. (**F. Carlos Chagas**) A cromatina, presente no núcleo interfásico, aparece durante a divisão celular com uma organização estrutural diferente, transformando-se nos:

a) crommomeros

b) cromossomos

c) centrômeros

d) cromocentros

e) cromonemas

19. (**UFPB**) Se o nucléolo de uma célula for destruído, a produção afetada imediatamente é a de:

a) cromossomos

b) ribossomos

c) centríolos

d) lisossomos

e) dictiossomos

20. (**UFPA**) a mitose do tipo centrífuga, acêntrica e anastral é característica de células:

a) polinucleadas

b) de vegetais superiores

c) da linhagem germinativa

d) de animais em geral

e) nervosas

---

21. (**UFGO**) A região do cromossomo responsável pela sua movimentação durante a divisão celular é:

a) o braço

b) o nucléolo

c) o centrômero

d) o telômero

e) o satélite

---

22. (**F.Carlos Chagas**) Qual das estruturas abaixo participa diretamente da formação do fuso nos processos de divisão celular?

a) Mitocôndrias
b) Retículo endoplasmático
c) Leucoplastos
d) Centríolos
e) Complexo de Golgi.

---

23. (**UNB**) Julgue os itens sobre a mitose.

a) É independente da replicação do DNA
b) É a fase de menor duração do ciclo celular
c) Inicia-se com condensação dos cromossomos
d) Na metáfase, os cromossomos presos às fibras do fuso iniciam a migração para os polos da célula
e) Durante a prófase o nucléolo se desfaz
f) As células dos mamíferos só fazem mitose durante o período embrionário.

---

24. (**MACK**) Responda a questão que segue utilizando as alternativas:

I a mitose se inicia na interfase

II na anáfase, os cromossomos migram para os polos da célula

III na metáfase, os cromossomos se apresentam na região equatorial da célula.

a) I e II são incorretas
b) Apenas II é incorreta
c) I e II são corretas
d) II e III são corretas
e) I e III são corretas

---

25. (**UNIP**) A meiose é uma divisão celular que tem a finalidade de:

a) Transformar as células haploides em gametas
b) Transformar as células somáticas em gametas
c) Produzir células que apresentam os mesmos cromossomos constituídos pelo pai.
d) Através de um processo de espermiogenese produzir os gametas masculinos e femininos
e) Reduzir o numero de cromossomos das células somaticas pela metade, resultando em células que apresentam um conjunto completo de cromossomos representativo da espécie.

---

26. (**FGV**) O esquema a seguir foi baseado na microfotografia de uma célula em divisão.

Estão representados apenas dois pares de cromossomos.

Assinale a alternativa que indique a fase do processo e o tipo de divisão em que essa célula se encontra.

a) Anáfase de mitose, evidenciada pelo caráter duplo dos cromossomos.
b) Anáfase de mitose pois os cromossomos se deslocam aos pares para polos opostos.
c) Anáfase I de meiose pois está ocorrendo a separação dos pares de cromossomos.
d) Anáfase II de meiose porque os cromossomos são duplos e migram para polos opostos.
e) Anáfase II de meiose porque é evidente a separação das cromátides irmãs para polos opostos.

---

27. (**NUCEPE**) Quanto às organelas celulares, analise as proposições abaixo.

1) Os ribossomos geralmente são encontrados como unidades individuais no citoplasma.

2) O retículo endoplasmático que tem ribossomos ligados é chamado reticulo endoplasmático

rugoso.

3) As organelas que estão envolvidas na geração de energia metabólica da célula são as mitocôndrias.

Está(ão) correta(s):

A) 1 e 2, apenas.

B) 1, 2 e 3.

C) 1 e 3, apenas.

D) 2 e 3, apenas.

E) 3, apenas.

---

28. (**NUCEPE**) Os íons positivos atraídos para o polo negativo são chamados de cátions. Qual dos cátions abaixo é o íon intracelular mais importante do organismo?

A) Cloro.

B) Magnésio.

C) Potássio.

D) Sódio.

E) Ferro.

---

29. (**VUNESP**) As células do corpo humano apresentam alto grau de organização. Nas células humanas, o citoesqueleto é um arcabouço complexo de sustentação, formado por:

(A) cristais de cálcio e sais minerais, os quais desempenham um papel importante na manutenção da estabilidade celular estrutural.

(B) microtúbulos, microfilamentos e filamentos de proteínas, os quais definem a forma da célula e permitem que a célula realize movimentos.

(C) filamentos de actina, fibrina e nucleotídeos, os quais permitem a síntese de proteínas de sustentação da estrutura celular.

(D) microtúbulos e ribossomos, os quais permitem que a célula modifique seu formato de acordo com as condições do ambiente tecidual.

(E) filamentos de actina G, desmossomos e cálcio, os quais permitem a organização estrutural das organelas no citoplasma celular.

---

30. (**VUNESP**) As células humanas contêm diferentes moléculas. As moléculas mais abundantes nessas células são as de:

(A) proteína.

(B) lipídios.

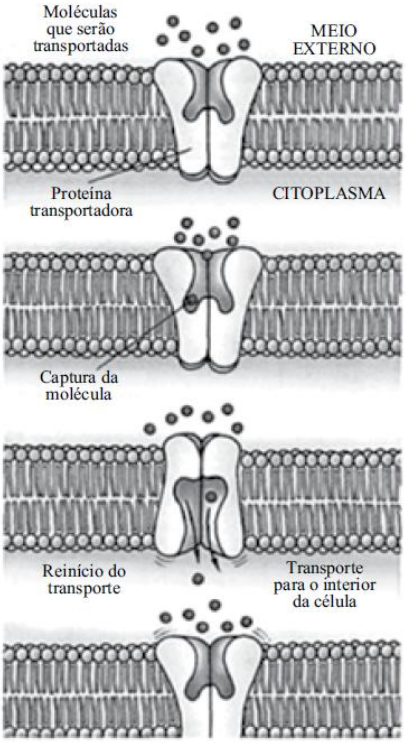
(C) glicídios.

(D) água.

(E) sais minerais.

---

31. (**VUNESP**) O transporte da maioria das moléculas e íons para dentro e para fora das células necessita da atuação de proteínas que compõem a membrana plasmática. A figura mostra o esquema de um tipo de transporte celular de moléculas e íons.




(Baseado em Lodish, H. E cols. 2004. Retirado de *http://www.vestibionline.com.br*)

Esse tipo de transporte é denominado

(A) difusão facilitada.

(B) difusão ativa.

(C) difusão simples.

(D) endocitose.

(E) osmose.

---

32. (**VUNESP**) Substâncias como o muco, que lubrifica as superfícies internas de tecidos do organismo humano, são processadas e secretadas pela seguinte organela celular citoplasmática:

(A) a membrana plasmática.

(B) a mitocôndria.

(C) o centríolo.

(D) o complexo golgiense.

(E) o lisossomo.

---

33. (**VUNESP**) Na divisão celular meiótica, ou meiose, pode ocorrer a não

disjunção cromossômica. A ocorrência de uma não disjunção cromossômica na primeira divisão da meiose resultará na produção de gametas:

(A) com cromossomos contendo alterações estruturais.

(B) em que todos eles conterão dois núcleos.

(C) em que todos eles conterão cromossomos com dois centrômeros.

(D) em que todos eles serão polinucleados.

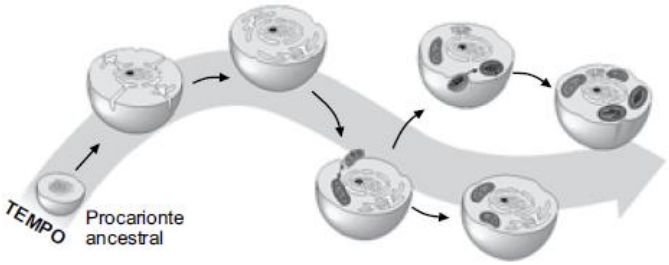
(E) com aumento ou redução no número de cromossomos.

---

34. (**Questão inédita Estratégia Concursos**) Sobre a fotossíntese, marque a alternativa incorreta.

a) Clorofila é o pigmento que recebe energia da luz e promove a fotolise da água.
b) Enquanto ocorre a fotossíntese, não há respiração celular.
c) A fotossíntese ocorre nos cloroplastos.
d) O ciclo de Calvin forma carboidratos.

35. (**VUNESP**) A figura ilustra uma possível sequência no processo evolutivo celular, a partir de um procarionte ancestral.




Tendo em vista o processo ilustrado e as características das células mais evoluídas atuais, é correto afirmar que,

ao longo do tempo, houve:

(A) desenvolvimento de membranas internas, assim como a internalização de estruturas energéticas.

(B) surgimento espontâneo e abrupto de estruturas internas mais complexas, tais como o núcleo e as organelas.

(C) modificações de estruturas já existentes, relacionadas à captação de luz, tais como as mitocôndrias.

(D) a fagocitose e a pinocitose de organelas relacionadas à respiração, tais como os cloroplastos.

(E) mutações genéticas responsáveis pela formação imediata dos cloroplastos e mitocôndrias.

36. (**VUNES**) Uma das semelhanças entre os processos de divisão celular mitótico e meiótico corresponde à existência da etapa anáfase em ambos. Porém, na meiose, ocorrem duas etapas anáfases, enquanto na mitose ocorre apenas uma etapa anáfase. Tal diferença é decorrente da:

(A) condensação cromossômica no início do processo que ocorre apenas na mitose.

(B) existência de duas divisões consecutivas na meiose e de apenas uma divisão na mitose.

(C) duplicação cromossômica no início do processo que ocorre apenas na meiose.

(D) duplicação da ploidia celular ao final do processo meiótico, enquanto na mitose tal ploidia se reduz.

(E) formação de duas células filhas diploides na meiose e de quatro células filhas haploides na mitose.

37. (**UNEMAT**) Um pesquisador injetou uma pequena quantidade de timidina radioativa (3H-timidina) em células com o propósito de determinar a localização dos ácidos nucleicos sintetizados a partir desse nucleotídeo, utilizando uma técnica muito empregada em biologia celular, a autorradiografia combinada com microscopia eletrônica. Assinale a alternativa que apresenta os dois compartimentos celulares nos quais o pesquisador encontrará ácidos nucleicos radioativos.

a) Núcleo e mitocôndrias.

b) Citosol e mitocôndrias.

c) Núcleo e retículo endoplasmático.

d) Citosol e retículo endoplasmático.

e) Peroxissomos e retículo endoplasmático.

38. (**FGV**) Sobre alguns dos principais compartimentos celulares de uma célula eucariótica assinale a alternativa incorreta.

A) Os peroxissomos são compartimentos vesiculares que contêm enzimas utilizadas em uma variedade de reações oxidativas.

B) O aparelho de Golgi consiste de pilhas organizadas de compartimentos em forma de disco denominados cisternas.

C) O núcleo contém o genoma e é onde toda síntese de DNA e RNA acontece.

D) Cerca da metade da área total de membrana na célula envolve os espaços dos labirintos dos retículo endoplasmáticos.

E) Os lisossomos contém enzimas digestivas que degradam as organelas intracelulares não operativas.

---

39. **(FGV**) Utilizando um microscópio óptico, você consegue observar uma placa se formando no centro de uma célula e os núcleos se formando em pólos opostos desta mesma célula. Baseado nestas observações, a célula visualizada é, provavelmente de origem:

A) animal, no processo de citocinese.

B) vegetal, no processo de citocinese.

C) animal, na fase S do ciclo celular.

D) bacteriana em processo de cissiparidade.

E) vegetal em metáfase.

---

40. (**FGV**) Durante a meiose observa-se:

A) o emparelhamento de cromossomos não homólogos, formando os bivalente.

B) a formação de complexo sinaptonêmico durante a meiose reducional.

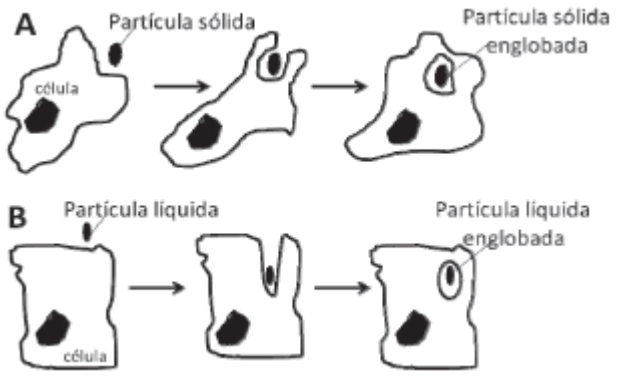
C) o emparelhamento de cromossomos não homólogos durante a meiose equacional.

D) a permuta (crossing over) entre cromossomos homólogos durante a meiose equacional.

E) a separação das cromátides irmãs durante a segregação dos cromossomos homólogos.

---

41. (**FG**) No esquema abaixo podemos observar um esquema com dois processos celulares, denominados A e B. Sobre tais processos, assinale a alternativa correta.




A) O esquema A representa a fagocitose e é geralmente realizado por macrófagos o esquema B representa a pinocitose e é realizado exclusivamente por células nervosas.

B) O esquema A representa a fagocitose e é exclusivamente realizado por linfócitos T e esquema B representa a pinocitose e é realizado exclusivamente por células nervosas.

C) O esquema A representa a fagocitose e é geralmente realizado por macrófagos e esquema B representa a pinocitose que envolve a entrada de partículas líquidas para dentro da célula.

D) Ambos esquemas representam processos passivos.

E) Ambos processos requerem a participação de receptores específicos na membrana plasmática e são inibidos por determinados antibióticos, mas não requerem energia.

---

**42. (UFMT)** Considerando as estruturas celulares, analise as assertivas abaixo.

I - O axônio das células nervosas não apresenta o aparelho de Golgi e há pouquíssimos ribossomos, logo é praticamente inativo para síntese proteica.

II - As moléculas lipídicas da membrana plasmática possuem uma extremidade polar (hidrófila) e uma extremidade apolar (hidrófoba).

III - Quimicamente, a membrana celular é constituída principalmente por acetonas e ácidos graxos.

IV - Para que ocorra a digestão no interior de uma ameba, é necessário que os fagossomos fundem-se aos lisossomos.

Estão corretas as assertivas

a)I, II, III e IV.

b)III e IV, apenas.

c)I, II e IV, apenas.

d)I e II, apenas.

**43. (UFMT)** A Mitose e a Meiose são processos de divisão celular e são responsáveis, por exemplo, pelo crescimento e regeneração do organismo e produção de gametas, respectivamente. Sobre esse assunto, assinale a afirmativa correta.

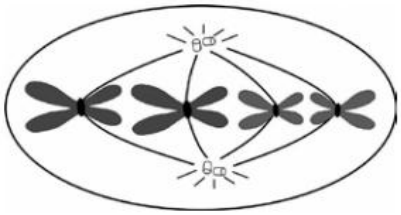
a)Quando uma célula conclui a Meiose I, resultam duas células diploides.

b)Durante a fase S da Intérfase, ocorre a duplicação do DNA.

c)No final da Intérfase, a célula tem uma quantidade de DNA menor que no seu início.

d)A ordem correta das subfases da Prófase I é: leptóteno, diplóteno, zigóteno, paquíteno e diacinese.

**44. (VUNESP**) A figura a seguir representa uma célula durante a metáfase da mitose.



Ao final do processo de divisão dessa célula serão formadas_____ células-filhas e em cada uma delas

haverá_____ cromossomos_____ .

As lacunas no texto são preenchidas, correta e respectivamente, por:

(A) quatro ... oito ... não duplicados

(B) quatro ... dois ... não duplicados

(C) duas ... quatro ... não duplicados

(D) duas ... dois ... duplicados

(E) quatro ... quatro ... duplicados

**45. (FGV/PMSP/2025) -** Apesar da inestimável contribuição dos antibióticos no combate às doenças infecciosas, sua administração pode provocar efeitos adversos nos pacientes, como é o caso do cloranfenicol. Essa droga impede a multiplicação de bactérias, ligando-se à subunidade 50S dos ribossomos procarióticos.

Em função desse modo de ação, o cloranfenicol pode causar, em humanos, efeitos colaterais devido à interrupção da(o)

A) tradução de proteínas da parede celular.

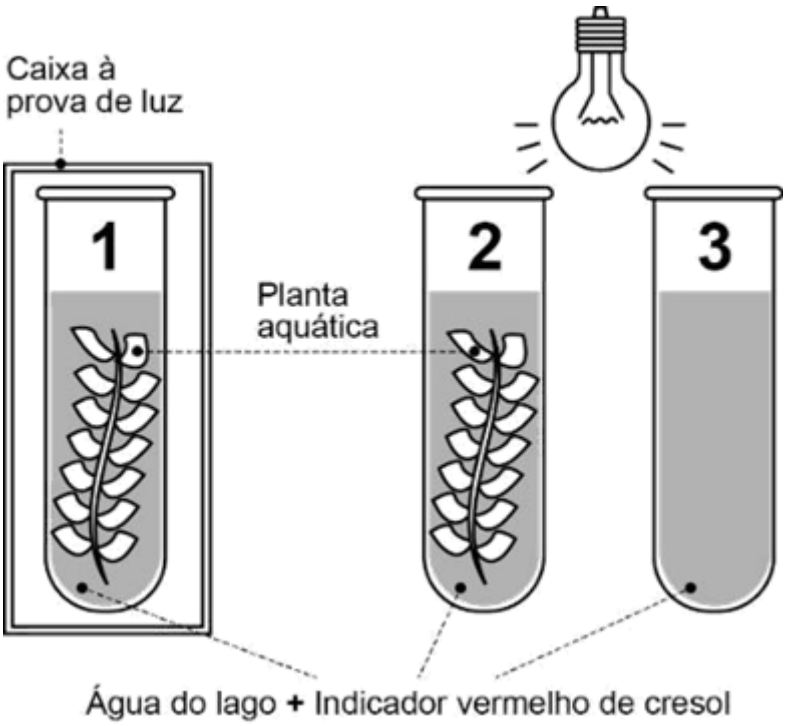
B) processo de transcrição do DNA mitocondrial.

C) produção de RNA ribossomal a partir de DNA nuclear.

D) síntese de proteínas codificadas pelo DNA mitocondrial.

E) tradução do DNA nuclear para formação de RNA mensageiro.

**46. (FGV/PMSP/2025)** - A figura mostra um experimento para comparar as trocas gasosas realizadas por uma planta nos processos de fotossíntese e respiração celular, em presença e ausência de luz.




O vermelho de cresol é um indicador de pH. Ele apresenta coloração púrpura, em meio com baixa concentração de $CO_2$ (meio alcalino) e amarela, em meio com alta concentração de $CO_2$ (meio ácido). No início do experimento, todos os tubos apresentavam coloração vermelha.

Após algumas horas, espera-se que a coloração do indicador no(s)

A) tubo 1 mude para amarela; a planta produzirá $CO_2$ por intermédio da respiração celular.

B) tubo 2 mude para amarela; a planta absorverá $CO_2$ durante a fotossíntese.

C) tubo 2 mude para púrpura; a planta não realizará a respiração celular e usará todo o $CO_2$ na fotossíntese.

D) tubo 2 permaneça vermelha; o $CO_2$ produzido na fotossíntese será absorvido durante a respiração celular.

E) tubos 1 e 3 permaneça vermelha; sem a ocorrência de fotossíntese, a concentração de $CO_2$ não será alterada.

# 9 – Resoluções dos Exercícios

1. **Resolução:** Analisando a figura, observamos que em 1 temos uma célula se dividindo e gerando duas células filhas com a mesma constituição cromossômica da célula mãe, tratando-se portanto de uma mitose. Na divisão 2 temos um célula gerando quatro células filha cada uma com metade da constituição cromossômica da célula mãe, portanto, temos uma meiose. Na mitose, a maior fase é a interfase, quando temos a fase S, de síntese de DNA, ou seja, quando o DNA se duplica, logo a afirmativa I está correta. A afirmativa II diz que ambos os processos geram células haploides, no entanto, vimos que somente a divisão meiótica gera este tipo de célula, logo a afirmativa está errada. O processo descrito na afirmativa III acontece somente na segunda divisão e não na primeira quando temos a separação dos cromossomos. A afirmativa IV está correta, lembrando que os bivalentes são dois cromossomos homólogos fisicamente unidos na fase de prófase I. **Resp. D.**

**2.Resolução:** A figura mostra um núcleo celular interfásico. O numero 1 indica os poros formados por proteínas octogonais. O numero 2 indica a cromatina solta e descondensada no núcleo. O numero 3 indica o nucléolo, onde há concentração de RNA ribossômico, necessário para a montagem do ribossomo. **Resp. c**

3. **Resolução:** A questão fala de uma célula que secreta muitas proteínas e quer que o estudante aponte a organela que se organiza como cisternas dilatadas associadas a vesículas de secreção. Nas células, a organela que tem a função de secreção e que se estrutura da forma como a questão indica é o complexo de Golgi. **Resp c**.

4. **Resolução:** O ATP é a substância que gera energia nas células. Sem ele as células não funcionam. Se acaba o ATP, teremos o transporte ativo prejudicado, pois ele depende de energia. Logo, na questão teremos as bombas de sódio e potássio (Na/K) tendo sua atividade prejudicada, fazendo com que a concentração de sódio dentro da célula aumente, aumentando, portanto sua pressão osmótica. **Resp. d**

5. **Resolução:** Uma diferença estrutural marcante entre as células animal e vegetal é a presença de parede celular e de cloroplastos. Todas as outras organelas estão presentes em ambas. Na figura temos a presença da parede celular ao redor da célula, além de um grande vacúolo, que está presente nas células animais, mas em menor tamanho. **Resp. a**

**6. Resolução:** As imagens são fotomicrografias de uma célula em divisão. No caso, em A observamos os cromossomos agrupados na região equatorial da célula, em elevado grau de condensação. Situação típica de metáfase. Em B observamos a migração dos cromossomos separados para os polos da célula. Situação típica de anáfase. Com essa informação, eliminamos a alternativa A que diz que a figura a é uma prófase; a alternativa B que indica a figura A como uma célula em interfase; A alternativa C que também indica a célula de A em interfase (G2) e a alternativa D que diz que em A há anáfase e em B telófase. **Resp. e**

7. **Resolução:** A questão versa sobre pressão osmótica. Temos que uma solução hipertônica é aquela com alta concentração de sair, o que faz com que as células colocadas em soluções deste tipo percam água para o ambiente que as cerca. Neste caso elas se tornam murchas. Se a concentração salina for menor do que a da célula, teremos uma solução hipotônica o que fará com que a água migre por osmose para o interior da célula, tornando-a inchada ou turgida. Se a concentração externa for igual à interna, teremos uma solução isotônica, permanecendo a célula em sua situação normal. **Resp. b**

8. **Resolução:** Na imagem temos em 1 uma bactéria, formada por única célula procarionte. Em 2 temos uma célula animal eucarionte, tendo em vista a presença de núcleo ao redor do material genético, bem como ausência de parede celular e cloroplastos. **Resp. c.**

**9. Resolução:** Nas células somáticas, ou seja, nas células do nosso corpo com exceção das células reprodutivas, temos a diploidia cromossômica. Estas células são sempre 2n. Quando falamos na divisão delas, nos referimos a mitose. Neste caso, na metáfase, teremos os cromossomos alinhados na porção equatorial da célula, já duplicados, cada um com duas cromátides. **Resp. a**

**10. Resolução:** A casa de força da célula é a mitocôndria, nela se produz energia por meio da respiração, utilizando a glicose e formando ATP. A síntese proteica é função do ribossomo, que pode estar organizado no retículo endoplasmático rugoso, também denominado ergastoplasma. **Resp. b**

**11. Resolução:** A recombinação cromossômica ocorre quando há o crossing over, na prófase I da meiose. Nesta fase, formam-se as sinapses cromossômicas. Podem-se visualizar os quiasmas que são os pontos de ligação entre as cromátides dos homólogos. **Resp. b.**

12. **Resolução** : O retículo endoplasmático liso é responsável pela síntese de hormônios ou esteroides. O ergastoplasma, ou retículo rugoso tem ribossomos associados, o que lhe confere a função de síntese proteica. **Resp. d.**

13. **Resolução**: A síntese de proteínas é função dos ribossomos que podem estar associados ao retículo endoplasmático granular. A síntese de esteroides ou hormônios esta relacionada ao retículo endoplasmático liso. A respiração celular gera energia, portanto está relacionada a mitocôndria. **Resp. c**

14. **Resolução**: Os peroxissomos são vesículas que apresentam enzima catalase, responsável pela decomposição do peróxido de hidrogênio ou H2O2, produzido no processamento de lipídeos, que ocorre no próprio peroxissomo. **Resp. c**

15. **Resolução**: O zimógeno é uma enzima inativa que requer alguma alteração bioquímica para se tornar ativa. Essa ativação ocorre em geral nos lisossomos, que são produzidos no complexo (ou aparelho) de golgi. **Resp. A**

16. **Resolução**: As mitocôndrias são organelas que apresentam estrutura que se assemelha com aquela encontrada em células procarióticas, incluindo-se nisto a presença de DNA circular próprio. Elas se original de outras mitocôndrias por uma divisão independente da divisão celular. **Resp. E**

17. **resolução**: Os vacúolos armazenam água e sais, fornecendo um controle da pressão osmótica das células. A parede celular é características de células vegetais. As mitocôndrias são as casas de força das células, onde ocorre a respiração celular. Os ribossomos são organelas que produzem as proteínas, ou seja, fazem a síntese de proteínas. **resp. d**

18. **resolução**: A cromatina é um estado básico de organização do DNA no núcleo. No inicio do ciclo celular ela se condensa, formando os cromossomos. **resp. b**

19. **resolução**: No nucléolo temos grande concentração de RNA ribossômico que será utilizado para a produção dos ribossomos. **resp. b**

20. **resolução**: A mitose animal acontece de forma astral, cêntrica e centrípeta ou seja, a divisão celular ocorrerá de fora para dentro, estrangulando a célula. Diferentemente do que ocorre na célula vegetal, na

qual a parede celular se reorganiza da porção central da célula, no sentido de dentro para fora, ou seja de forma centrífuga. **resp. b**

21. **Resolução:** Na divisão celular, as fibras do fuso se ligam ao cinetócoro que está localizado no centrômero. **resp. c**

22. **Resolução:** As fibras do fuso de organizam e se originam a partir dos centrômeros, onde estão os centríolos. **Resp. d.**

23. **Resolução:** Todos os processos de divisão celular são precedidos pela replicação do DNA, portanto A está incorreta. Na metáfase os cromossomos estão na porção equatorial da célula, iniciando a migração aos polos na anáfase; portanto D está errada. As células epiteliais sofrem mitose constantemente, logo não é somente na fase embrionária que este tipo de divisão ocorre, o que faz com que F esteja errada. As demais estão corretas. **Resp. b, c, e – corretos**

24. **Resolução:** A interfase é uma fase do ciclo celular que antecede a mitose. Não pode ser confundida como uma fase da mitose. Portanto, dizer que a mitose se inicia na interfase está errado. As demais estão corretas. **Resp. d**

25. **Resolução :** Na meiose, uma célula diploide gera quatro células haploides. Estas células irão apresentar cromossomos que sofreram permuta e crossing over, gerando variabilidade genética. No processo de formação dos gametas, as células germinativas (não células somáticas) sofrerão meiose, formando células precursoras, que irão se desenvolver em gametas. O processo de desenvolvimento destas células em gametas é chamado de espermiogenese (que gera quatro espermatozoides a partir de cada meiose de um espermatocito) ou ovogênese (que gera um óvulo a partir da meiose de cada ovócito).**Resp. e.**

26. **Resolução:** Na figura, vemos a separação de cromossomos homólogos e não das cromátides irmãs, devido ao encurtamento das fibras do fuso. Portanto, estamos analisando uma anáfase I de meiose. **Resp. c**

27. **Resolução:** Em geral, os cromossomos são encontrados associados a organelas como o retículo endoplasmático rugoso. As demais estão corretas. **Resp. d.**

28. **Resolução**: O potássio é o íon intracelular mais importante, ele está envolvido em uma série de processos e sua concentração no interior da célula tem que ser mantido, o que ocorre por meio das bombas de sódio e potássio. Já o sódio apresenta elevada concentração extracelular. **Resp.c.**

29**. Resolução:** O citoesqueleto é formado por microtubulos, microfilamentos e filamentos intermediários, todos compostos por proteínas, que tem como função a manutenção da estrutura da célula e a movimentação das organelas. **Resp. b**

30**. Resolução:** Nosso corpo é composto por quase 70% de água. Isto se reflete na composição das células que são em sua grande maioria, água. Portanto, a molécula mais abundante é a H2O. **Resp. D.**

31**. Resolução**: Na figura, temos a representação de um canal de proteína que se abre e se fecha, facilitando a passagem de uma substância para o interior da célula, sem formar uma abertura continua e sem que haja gasto de energia. Temos com estas características a difusão facilitada. **Resp. A.**

32. **Resolução**: O muco é formado por uma secreção de proteoglicanas. A organela encarregada pela secreção de produtos celulares é o complexo de golgi. **Resp. D**.

33**. Resolução:** Na primeira divisão meiótica há separação dos cromossomos homólogos. Caso não haja essa separação, dois ou mais cromossomos homólogos podem acabar migrando para células filhas o que ira gerar na ultima divisão o aumento e redução do numero de cromossomos em algumas células. Isso ocorre, por exemplo, nos casos de trissomia do cromossomo 21, gerando a síndrome de Down. **Resp.E.**

34. **Resp. b**. Os processos de fotossíntese e respiração celular ocorrem independentemente um do outro. A planta não para de respirar quando ocorre ou quando cessa a fotossíntese.

35. **Resp A.** A internalização das "estruturas energéticas" se refere à hipótese da endossimbiose para o desenvolvimento das mitocôndrias ou dos cloroplastos. Algumas organelas se formaram devido ao desenvolvimento de membranas internas nas células, como os complexos de golgi e os retículos endoplasmáticos.

36. **Resp. B.** A Meiose é o processo que reduz a quantidade de cromossomos pela metade no processo de formação de gametas (podendo aparecer também em fase pós zigotica e pré esporica). Esta redução ocorre por duas divisões celulares consecutivas, sendo a primeira, chamada de divisão reducional ou meiose I caracterizada pela divisão celular sem a separação das cromátides, fazendo com que o numero de cromossomos das duas células filhas geradas seja a metade do numero original. Na segunda divisão (meiose II ou divisão equacional) teremos a separação das cromátides, gerando ao final, quatro celular com numero de cromossomos igual à metade da célula mãe.

37. **Resp. A**. A timidina será incorporada ao DNA quando esta molécula for sintetizada. O DNA será sintetizado no núcleo e nas mitocôndrias em células eucarióticas.

38. **Resp C**. A mitocôndria apresenta seu próprio genoma, constituído de moléculas circulares de DNA que se replicam independente do núcleo.

39. **Resp. B**. Na finalização do processo de divisão de células vegetais, a parede celular é formada na região central, entre os núcleos em formação. Isso ocorre na fase de citocinese.

40. **Resp. B**. O complexo sinaptonêmico é uma estrutura de proteínas que se forma entre cromossomos homólogos pareados, mediando os processos de recombinação.

41. **Resp. C**. Esquema A indica fagocitose, esquema B a pinocitose. Ambos são processos nos quais há gasto de energia (transporte ativo). O primeiro é em geral realizado por células fagocitárias do sistema imune, como macrófagos. O segundo pode ser realizado por células do epitélio intestinal e em geral está relacionado a absorção de líquido.

42. **Resp**.C. III está incorreta pois a membrana plasmática não apresenta acetona.

43. **Resp**. B. Ao final da meiose I as duas células são haploides. Na interfase ocorre a duplicação do material genético. Profase I: leptóteno, zigoteno, paquíteno, diploteno, diacinese.

44. **Resp**. C. A mitose divide a célula mãe em duas células idênticas que apresentarão a mesma quantidade inicial de cromossomos. No caso, temos uma célula em metáfase contendo 4 cromossomos duplicados.

Cada cromátide será disponibilizada para uma célula filha, portanto, cada célula ficará com 4 cromossomos não duplicados.

45. **Resp**. D. ribossomos são organelas que produzem ou sintetizam proteínas. Ribossomos mitocondriais têm características típicas de ribossomos procariontes.

46. **Resp**. A. A respiração celular nunca para. Nela ocorre utilização de O2 e liberação de CO2. A fotossíntese depende de luz. Quando ela ocorre, há utilização de CO2 e liberação de O2.

## 9.1 – Resoluções dos Exercícios de Fixação

1. – **Resolução:** A resposta desta pergunta é a **letra D**. Todas as demais organelas estão presentes somente em células eucariontes.

2. – **Resolução:** A **alternativa D** apresenta as principais funções da membrana plasmática. Na alternativa A temos a função de respiração que não é função da membrana de células eucarióticas, assim como a produção de esteroides que não ocorre na membrana plasmática. Na alternativa B temos a função de produção de proteínas que não ocorre na membrana, mas sim no citoplasma por meio da ação dos ribossomos. Na alternativa C temos a função de produção de energia que também não é função da membrana plasmática de eucariontes. Na alternativa E temos a produção de fosfolipídios que não é função da membrana.

3. **Resolução**: **Alternativa B** é falsa. A pinocitose ocorre com formação e movimentação de vesículas o que gera gasto de energia na forma de ATP. Todas as demais alternativas estão corretas.

4. **Resolução:** A e B os peroxissomos não produzem enzimas e não transformam lipídios em açucares; C – os peroxissomos oxidam ácidos graxos e este processo gera peróxido de hidrogênio que é degradado pelo próprio peroxissomo, por meio da ação da enzima catalase. ; D – não sintetizam enzimas pois não tem ribossomos associados a ele. E – não iniciam síntese de proteínas, isso ocorre no RER.**Resp. C**

5. **Resolução:** A resposta correta é a **alternativa "E".** Vejamos o que há de errado nas demais: A) a organela apontada é a mitocôndria, a casa de força da célula. B) a organela é um lisossomo que contêm proteínas digestivas mas é produzida no complexo de Golgi. C) a membrana plasmática não tem como função a produção de energia na célula. D) A organela apontada é o REL, ou retículo endoplasmático liso, onde há produção de hormônios, fosfolipidios, glicerídios entre outras substâncias.

6. – **Resolução:** A resposta para o exercício da página anterior é a **alternativa A**. Analisando a figura temos o número dois indicando um caminho entre óvulo ou espermatozoide até o ovo. Pois, bem. Ovo é um nome genérico que se dá para óvulos fecundados. Neste caso, o número 2 representa um processo de fecundação. Já o número 3 indica um desenvolvimento do ovo ao adulto. Este processo acontece por meio de uma série de divisões igualitárias das células do zigoto (igualitárias ou equacionais). Essas divisões são mitoses. O número 1 indica um caminho do adulto ao óvulo ou espermatozoide. Óvulos e espermatozoides são células germinativas. E como você estudou neste capítulo, células germinativas são formadas por meiose. Logo, a alternativa correta é a **letra A**.

7. – **Resolução:** Esta questão está estranha não está? Vamos analisar alternativa por alternativa. Na alternativa A o examinador diz que crossing-over ou intercinese é o estágio entre a primeira e a segunda divisão mitótica. A intercinese de fato é o período entre as divisões. No entanto, o termo crossing over foi erroneamente utilizado nesta alternativa. Ele se refere ao processo de combinação das cromátides dos cromossomos, que irá gerar a recombinação cromossômica. Este processo ocorre na fase de prófase da primeira divisão. Vamos verificar as outras alternativas. Na alternativa B ele diz que XX são cromossomos sexuais que determinam sexo masculino. Errado. Dois cromossomos X é determinante de sexo feminino na espécie humana. Na alternativa C ele diz que recombinação celular não promove diversidade genética. O

termo recombinação celular está errado. O correto seria recombinação cromossômica. Ademais, a recombinação promove sim a diversidade genética. Em D ele diz que autossomos é denominação que inclui os cromossomos sexuais. Está errado. Cromossomos sexuais são cromossomos sexuais. Quando nos referimos a cromossomos autossomos estamos excluindo os sexuais. Na última alternativa, temos que células com dois lotes de cromossomos são ditas haploides. Estudamos que quando há dois lotes ou duas cópias do genoma organizado em cromossomos teremos indivíduos diploides (di= dois). A meiose gera células com somente uma cópia ou lote de cromossomos, portanto, gera células haploides. O gabarito desta prova consta como correta a alternativa A. Particularmente, acredito que seria uma **questão passível de anulação** tendo em vista o erro conceitual apresentado na alternativa considerada correta.

# 10 – Resumo da aula

- Células são a unidade básica de qualquer ser vivo.
- Células mantém seu ambiente interno estável, num processo chamado homeostase.
- Classificam-se as células em procariontes – sem envoltório nuclear - e eucariontes – com núcleo.
- Células eucariontes animais diferem das células vegetais, pois estas últimas apresentam parede celular de lignina e cloroplastos.
- A membrana plasmática das células é formada por proteínas embebidas em bicamada de fosfolipídios. Ela é semipermeável. O modelo atual de sua estrutura é o mosaico fluido.
- São meios de transporte de substâncias pela membrana: Passivo – difusão, difusão facilitada e osmose. Ativo (com gasto de energia - ATP) – bombas de sódio e potássio, fagocitose, pinocitose, endocitose mediada por receptores e exocitose.
- Microvilosidades, cílios e desmossomos são especializações da membrana plasmática.
- Citosol ou hialoplasma é a região da célula onde se encontram embebidas as organelas. É composto por grande quantidade de água, sais e proteínas.
- Citoesqueleto, formado por microfilamentos, microtúbulos e filamentos intermediários tem como função manter a estrutura da célula e garantir o movimento das organelas.
- Centrossomo é região onde estão os centríolos que são regiões organizadoras dos microtúbulos. Está relacionado a formação das fibras do fuso na divisão celular.
- Proteínas motoras da família das miosinas se movem sobre filamentos de actina.
- Proteínas motoras da família das cinesinas e das dineínas se movem sobre microtúbulos, em sentidos opostos.
- Os ribossomos são organelas formadas por associação de duas subunidades de proteínas e RNA ribossômico. São encarregadas da síntese de proteínas. Diferem de tamanho em procariontes e eucariontes.
- Proteassomos tem como função a reciclagem de proteínas.
- Retículo Endoplasmático Liso tem como funções a síntese e armazenamento de hormônios, fosfolipídios, glicídios, glicogênio e colesterol.

- Retículo Endoplasmático Granular ou Rugoso ou Ergastoplasma tem como função principal a síntese, modificação e armazenamento de proteínas.

- O complexo de Golgi tem como função excreção de proteínas e glicoproteínas produzidas no retículo endoplasmático rugoso (enzimas) e formar os lisossomos.

- Lisossomos tem como função a reciclagem de algumas organelas e os processos de autólise.

- Peroxissomos tem como função degradação de ácidos graxos e compostos orgânicos. Contem enzima catalase que degrada peróxido de hidrogênio.

- Mitocôndria é a casa de força da célula. Responsável pela respiração celular e formação do ATP, molécula com alto poder energético. Tem seu próprio DNA. Se origina de outras mitocôndrias. Acredita-se ter evoluído de organismos procariontes que passaram a viver em simbiose com células eucariontes.

- O núcleo celular é a região da célula onde está o DNA. Apresenta dupla camada de membrana que é continua ao retículo endoplasmático. Apresenta poros de proteínas. O nucléolo é a região onde está concentrado RNA ribossômico, portanto onde se formam ribossomos.

- A mitose é a divisão equacional. Gera duas células filhas iguais a célula mãe.

- A mitose se divide em fases: prófase, pro metáfase, metáfase, anáfase e telófase.

- A mitose é uma fase de divisão celular do ciclo de vida da célula. A outra fase se chama interfase e é dividida em G1, S e G2. Na fase S há replicação do DNA.

- Na prófase e pro metáfase o nucléolo se desmancha, o DNA já replicado se condensa e os centríolos se dividem. O núcleo se desintegra.

- Na metáfase há condensação máxima dos cromossomos e estes estão posicionados na região equatorial da célula.

- Na anáfase as cromátides são puxadas para os polos da célula.

- Na telófase ocorre a divisão do citoplasma, que irá terminar na citocinese ou divisão total do citoplasma, gerando duas células filhas com a mesma constituição genética da célula mãe.

- A meiose é a divisão que gera células filhas com metade da constituição genética da célula mãe. Há redução da ploidia. Ocorre para gerar gametas e esporos.

- A meiose apresenta duas divisões.

- Na primeira divisão, teremos a divisão da prófase em cinco fases: leptóteno, zigóteno, paquíteno, diplóteno, diacinese. Nestas fases ocorrerá pareamento dos cromossomos

homólogos, formação das sinapses e troca de material genético ou crossing over, o que promove variabilidade genética das espécies.

- Na primeira divisão da meiose ocorre a separação dos cromossomos homólogos. As cromátides se mantêm unidas.
- Na segunda divisão da meiose ocorre a separação das cromátides, como ocorre na mitose.
- A energia química das células se encontra em moléculas de ATP.
- O ATP é formado por vias metabólicas oxidativas, retirando-se elétrons de carboidratos, lipídios e proteínas.
- A glicólise ocorre no citoplasma e gera 8 ATP.
- A fermentação é um processo que ocorre na ausência de oxigênio e gera pouco ATP. Pode ser lática ou alcoólica.
- O ciclo de Krebs ocorre no interior da mitocôndria e gera NADH, FADH e GTP.
- Na fosforilação oxidativa NADH e FADH despejam elétrons em proteínas organizadas em cadeia, gera-se um potencial químico de hidrogênio e forma-se ATP.
- Fotossíntese é o processo de formação de carboidratos que depende de água, gás carbônico e luz solar. Apresenta duas fases. Nele ocorre a fotólise da água, gerando oxigênio. O gás carbônico é fixado, formando carboidratos.
- As células do corpo humano apresentam diferentes morfologias e composições em termos de organelas. É importante neste momento conhecer algumas delas como as hemácias e os músculos.

# ESSA LEI TODO MUNDO CONHECE:
# PIRATARIA É CRIME.

**Mas é sempre bom revisar o porquê e como você pode ser prejudicado com essa prática.**

1. Professor investe seu tempo para elaborar os cursos e o site os coloca à venda.

2. Pirata divulga ilicitamente (grupos de rateio), utilizando-se do anonimato, nomes falsos ou laranjas (geralmente o pirata se anuncia como formador de "grupos solidários" de rateio que não visam lucro).

3. Pirata cria alunos fake praticando falsidade ideológica, comprando cursos do site em nome de pessoas aleatórias (usando nome, CPF, endereço e telefone de terceiros sem autorização).

4. Pirata compra, muitas vezes, clonando cartões de crédito (por vezes o sistema anti-fraude não consegue identificar o golpe a tempo).

5. Pirata fere os Termos de Uso, adultera as aulas e retira a identificação dos arquivos PDF (justamente porque a atividade é ilegal e ele não quer que seus fakes sejam identificados).

6. Pirata revende as aulas protegidas por direitos autorais, praticando concorrência desleal e em flagrante desrespeito à Lei de Direitos Autorais (Lei 9.610/98).

7. Concurseiro(a) desinformado participa de rateio, achando que nada disso está acontecendo e esperando se tornar servidor público para exigir o cumprimento das leis.

8. O professor que elaborou o curso não ganha nada, o site não recebe nada, e a pessoa que praticou todos os ilícitos anteriores (pirata) fica com o lucro.

**Deixando de lado esse mar de sujeira, aproveitamos para agradecer a todos que adquirem os cursos honestamente e permitem que o site continue existindo.**