

## Citoplasma

Nas células procariotas, o citoplasma (do grego *Kytos*, célula, e *plasma*, que dá forma, que modela) compreende toda a região interna da célula delimitada pela membrana plasmática; nas células eucariotas, é a região compreendida entre a membrana plasmática e a membrana nuclear.

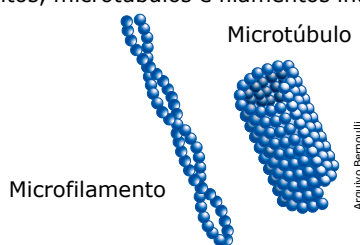
Quando observado em microscopia óptica, o citoplasma apresenta um aspecto homogêneo. Entretanto, ao ser observado em microscopia eletrônica, revela a presença de diversas estruturas de aspectos diferentes.

### COMPONENTES DO CITOPLASMA

#### Hialoplasma

Também conhecido por matriz citoplasmática, citoplasma fundamental ou citosol, o hialoplasma está presente em qualquer tipo de célula e se constitui numa mistura formada por água, proteínas, aminoácidos, açúcares, ácidos nucleicos e íons minerais. É, na realidade, um sistema coloidal (coloide), no qual a fase dispersante é a água, e a fase dispersa é constituída, principalmente, de proteínas.

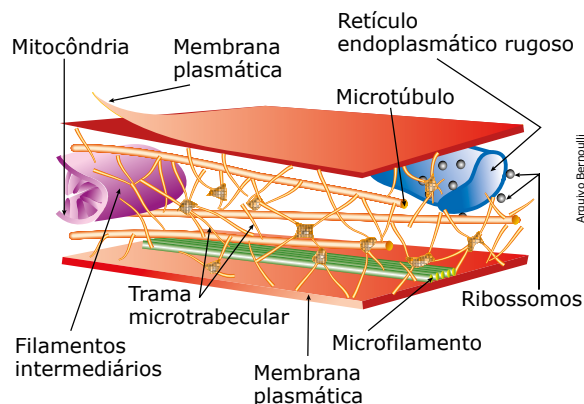
Três tipos de filamentos proteicos podem ser encontrados imersos no hialoplasma das células eucariotas: microfilamentos, microtúbulos e filamentos intermediários.



Filamentos proteicos.

Os microfilamentos são constituídos de uma proteína contrátil chamada actina, embora, às vezes, encontre-se também outra proteína, a miosina. Os microtúbulos são constituídos de uma proteína chamada tubulina. Tanto os microfilamentos como os microtúbulos resultam da associação de proteínas globulares, que podem se juntar (polimerizar) ou se separar (despolimerizar) rapidamente no interior da célula. Os filamentos intermediários, formados por uma grande e heterogênea família de proteínas, estendem-se desde a região junto à membrana plasmática até o núcleo, aumentando a resistência da célula às tensões e ajudando na sustentação mecânica do núcleo e de organelas citoplasmáticas.

Os microfilamentos, os microtúbulos e os filamentos intermediários formam uma complexa rede de finíssimos filamentos e túbulos entrelaçados e interligados, constituindo o chamado citoesqueleto.

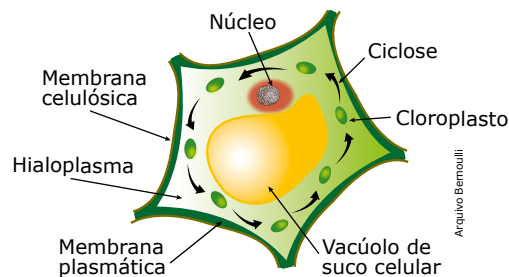


*Citoesqueleto – O citoesqueleto é responsável pela manutenção da forma da célula eucariota e por determinados tipos de movimentos celulares, como a ciclose e os movimentos ameboides.*

#### OBSERVAÇÃO

As células procariotas não possuem citoesqueleto.

O hialoplasma da porção mais interna do citoplasma (endoplasma) encontra-se em contínuo movimento de circulação, impulsionado pela contração rítmica de microfilamentos proteicos. Esse movimento de circulação, observado notadamente em células vegetais, tem o nome de **ciclose** e ajuda a distribuir substâncias através do citoplasma. A velocidade da ciclose pode aumentar ou diminuir em função de determinados fatores, como a temperatura: sua velocidade aumenta com a elevação da temperatura e diminui em temperaturas baixas.



*Ciclose.*

Nas células vegetais, devido à presença do grande vacúolo de suco celular, o hialoplasma fica restrito a uma pequena faixa entre o vacúolo e a membrana plasmática, tornando a ciclose bastante evidente, deslocando núcleo e organelas, como mitocôndrias e cloroplastos. Graças à ciclose, as células vegetais são capazes de aproveitar melhor a quantidade de luz que recebem, espalhando os seus cloroplastos uniformemente no citoplasma quando há pouca luz, e agrupando-os quando há excesso de luz.

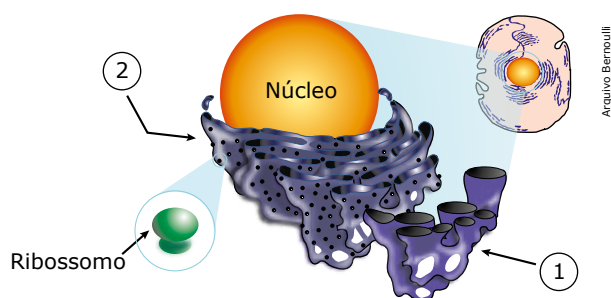
Algumas células conseguem se deslocar por meio da formação de pseudópodes: é o chamado movimento ameboide, realizado pelas amebas, pelos macrófagos e pelos leucócitos. Os movimentos que levam à formação dos pseudópodes também são de responsabilidade dos microfilamentos.

Os microtúbulos, além de participarem da formação do citoesqueleto, também participam da formação dos centríolos, do fuso da divisão celular e da formação dos cílios e dos flagelos.

No hialoplasma, ocorrem importantes reações do metabolismo celular, como as reações da glicólise (primeira etapa da respiração celular), nas quais a glicose é transformada em moléculas menores de ácido pirúvico. É também no hialoplasma que muitas substâncias de reserva, como as gorduras, o amido e o glicogênio, ficam armazenadas.

## Retículo endoplasmático

Também chamado de retículo citoplasmático, é encontrado apenas em células eucariotas, sendo constituído de um sistema de túbulos (canalículos) e cisternas de paredes membranosas e intercomunicantes que percorre todo o citoplasma, estendendo-se, muitas vezes, desde a superfície externa da membrana plasmática até a membrana nuclear. É subdividido em não granuloso (liso) e granuloso (rugoso).



*Retículo endoplasmático – 1. O não granuloso (liso, agranular) não possui ribossomos aderidos a suas paredes; 2. O granuloso (rugoso, granular, ergastoplasma) possui ribossomos aderidos a suas paredes.*

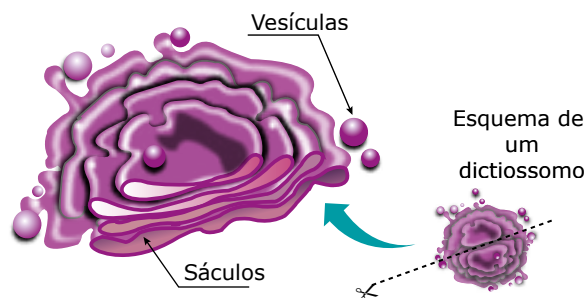
Entre as funções desempenhadas pelo retículo endoplasmático, destacamos:

- **Transportar ou distribuir substâncias** através do citoplasma, auxiliando a circulação intracelular de partículas pelo interior de seus túbulos ou canalículos.
- **Facilitar o intercâmbio (troca) de substâncias** entre a célula e o meio extracelular, uma vez que muitos dos canalículos que o constituem estendem-se desde a superfície externa da membrana plasmática até a membrana nuclear.

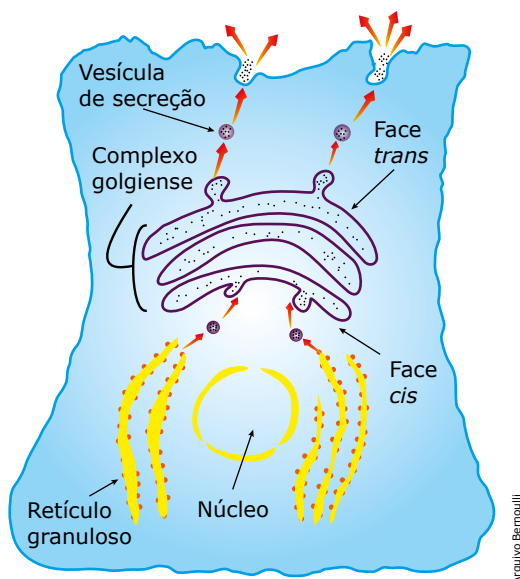
- **Armazenar substâncias** – Substâncias produzidas no interior da célula ou vindas do meio extracelular podem ser armazenadas no interior do retículo endoplasmático até serem utilizadas pela célula. Isso acontece, por exemplo, nas células musculares, nas quais íons  $\text{Ca}^{2+}$  ficam armazenados no interior do retículo liso até serem utilizados no mecanismo da contração muscular.
- **Neutralizar toxinas** – Nos hepatócitos (células do fígado), o retículo endoplasmático não granuloso absorve substâncias tóxicas, modificando-as ou destruindo-as, de modo a não causarem danos ao organismo. É a atuação do retículo das células hepáticas (hepatócitos) que permite, por exemplo, eliminar parte do álcool, medicamentos e outras substâncias nocivas que ingerimos. Nos hepatócitos, portanto, o retículo endoplasmático realiza uma função de desintoxicação.
- **Sintetizar substâncias** – O retículo não granuloso destaca-se na fabricação de lipídios, principalmente esteréides. Já o retículo granuloso, devido à presença dos ribossomos, destaca-se na síntese de proteínas.

## Complexo golgiense

Conhecido também como complexo de Golgi, sistema golgiense, ou aparelho de Golgi, é encontrado apenas em células eucariotas. Essa organela é, na realidade, uma região modificada do retículo endoplasmático liso, constituída de unidades denominadas sáculos lameliformes (dictiossomos, golgissomos).



*Dictiossomo – Cada dictiossomo é uma pilha de sáculos achatados de onde se desprendem pequenas vesículas. Nas células dos animais vertebrados, os dictiossomos concentram-se numa mesma região do citoplasma, que é variável de um tipo celular para outro. Nos neurônios, por exemplo, eles se concentram ao redor do núcleo (posição perinuclear); nas células glandulares, ficam entre o núcleo e o polo secretor (posição apical). Nas células dos vegetais, os dictiossomos estão separados e espalhados pelo citoplasma. Nesse caso, diz-se que o complexo golgiense é difuso (espalhado).*



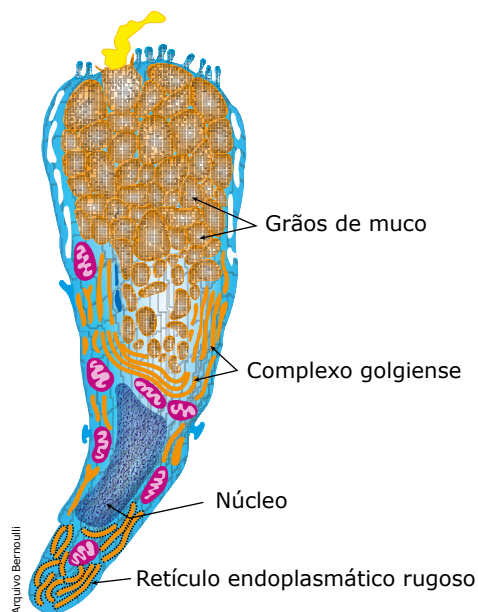
Arquivo Bernoulli

**Complexo golgiense** – Os sacos lameliformes têm duas faces: cis e trans. A face cis (formativa) está voltada para o retículo endoplasmático, contendo as proteínas nele sintetizadas. A face trans (de maturação) está voltada para a membrana plasmática. Dela, se desprendem as vesículas de secreções, contendo o material que foi processado no interior dos sacos lameliformes.

Entre as funções realizadas pelo complexo golgiense, destacam-se:

- **Armazenamento de secreções** – Secreções são substâncias que as células produzem e “exportam” para o meio extracelular. As secreções, portanto, exercem suas ações em um outro local, e não no interior das células em que foram produzidas. As proteínas tipo “exportação”, por exemplo, são sintetizadas no retículo endoplasmático granuloso e enviadas para o complexo golgiense, no qual são armazenadas para posterior eliminação, por exocitose, no meio extracelular.
- **Síntese de mucopolissacarídeos (muco)** – Mucopolissacarídeos são substâncias formadas pela associação de proteínas com polissacarídeos. Tais substâncias possuem um aspecto viscoso e são encontradas, por exemplo, nas nossas vias respiratórias e digestivas, exercendo função de proteção e de lubrificação das mucosas.

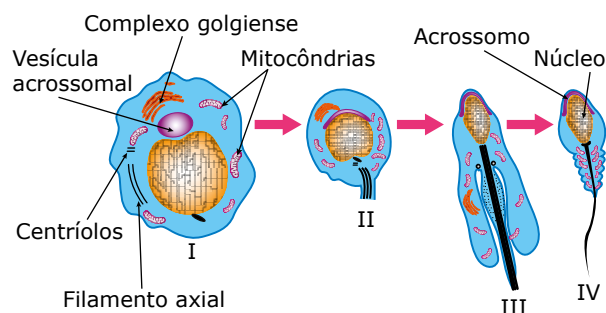
Os mucopolissacarídeos são formados da seguinte maneira: no complexo golgiense, os monossacarídeos sofrem polimerização (ligam-se uns aos outros), formando polissacarídeos. Em seguida, esses polissacarídeos combinam-se com proteínas provenientes do retículo granuloso, formando-se, assim, as glicoproteínas que constituem os mucopolissacarídeos. Um bom exemplo de células produtoras de muco são as células caliciformes, encontradas, por exemplo, nas vias respiratórias.



Arquivo Bernoulli

**Célula caliciforme** – Como em toda célula secretora, nas células caliciformes, o retículo endoplasmático e o complexo golgiense são bastante desenvolvidos. Repare no complexo golgiense, localizado acima do núcleo. Dele, saem vesículas de muco (grãos de muco) que, ao chegarem à superfície superior da célula, eliminam o muco no meio extracelular por exocitose.

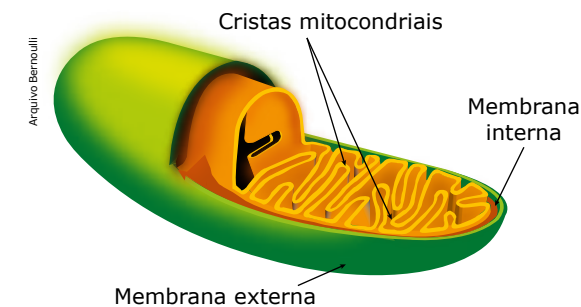
- **Formação da lamela média nos vegetais** – A união de células vegetais vizinhas é feita por meio de uma espécie de “cimento” intercelular: a lamela média. Quimicamente, a lamela média é constituída de substâncias pécicas ou pectinas (pectatos de cálcio e magnésio), que são polissacarídeos associados a minerais. O complexo golgiense das células vegetais é a organela responsável pela secreção dessas substâncias.
- **Formação do acrossomo no espermatozoide** – O acrossomo é um corpúsculo encontrado na cabeça do espermatozoide contendo a enzima hialuronidase. A enzima hialuronidase é liberada por ocasião da fecundação, pois é necessária para promover a perfuração da camada de ácido hialurônico que envolve e protege o gameta feminino, permitindo, assim, a penetração do espermatozoide.



**Formação do acrossomo** – I. Os sacos lameliformes (dictiossomos) se agrupam ao redor do núcleo; II. Do complexo golgiense, desprendem-se vesículas (grânulos) contendo a enzima hialuronidase; III. As vesículas originárias do complexo golgiense fundem-se, formando o acrossomo; IV. Espermatozoide com acrossomo.

## Mitocôndrias

Estão presentes apenas no citoplasma de células eucariotas. São orgânulos esféricos, ovalados ou alongados, delimitados por duas membranas lipoproteicas: membrana externa e membrana interna.



Mitocôndria.

A membrana externa é lisa e contínua, a interna apresenta invaginações ou dobras denominadas cristas mitocondriais. Nas cristas mitocondriais, encontram-se as partículas elementares, enzimas que têm importante papel nas reações da cadeia respiratória. O espaço interno das mitocôndrias é preenchido por um material de consistência fluida, denominado matriz mitocondrial, constituído de água, carboidratos, íons minerais, moléculas de RNA e DNA. Imersos nessa matriz também são encontrados ribossomos (mitorribossomos).

Apesar do seu tamanho reduzido, as mitocôndrias podem ser evidenciadas em microscopia óptica, uma vez que podem ser coradas em células vivas com o verde janus, corante específico para sua evidenciação.

O número de mitocôndrias numa célula é muito variável, oscilando entre algumas dezenas e várias centenas. Como as mitocôndrias relacionam-se com os processos energéticos (produção de ATP), quanto maior a atividade metabólica de uma célula, maior é o número de mitocôndrias. O conjunto de todas as mitocôndrias de uma célula tem o nome de condrioma.

As mitocôndrias, devido à presença de DNA em sua estrutura, são capazes de se autoduplicar. A autoduplicação ou duplicação das mitocôndrias recebe o nome de condriocinese.

Quanto à função, as mitocôndrias estão diretamente envolvidas no processo da respiração celular aeróbica, que tem por objetivo a obtenção de energia para as atividades celulares.

A respiração celular possui três etapas básicas: glicólise, ciclo de Krebs e cadeia respiratória. A glicólise ocorre no hialoplasma, enquanto o ciclo de Krebs e a cadeia respiratória, nas células eucariotas, realizam-se nas mitocôndrias.

O ciclo de Krebs realiza-se na matriz mitocondrial e a cadeia respiratória, nas cristas mitocondriais.

## Plastos (plastídeos)

Encontrados em células eucariotas vegetais, os plastos estão subdivididos em dois grandes grupos: leucoplastos e cromoplastos.

- A) Leucoplastos** – São incolores, isto é, desprovidos de pigmentos (apigmentados) e relacionam-se com armazenamento de reservas nutritivas. Para cada tipo de substância nele armazenada, há uma denominação especial: amiloplastos (armazenam amido), oleoplastos (armazenam óleos) e proteoplastos (armazenam proteínas).
- B) Cromoplastos** – São coloridos, ou seja, possuem pigmentos (pigmentados). Relacionam-se com a absorção de luz e com a fotossíntese. De acordo com a sua coloração, recebem uma denominação especial: cloroplastos (verdes, devido à presença do pigmento verde clorofila), xantoplastos (amarelos, devido à presença do pigmento amarelo xantofila) e eritoplastos (vermelhos, devido à presença do pigmento vermelho licopeno, ficoeritrina ou eritrofila).

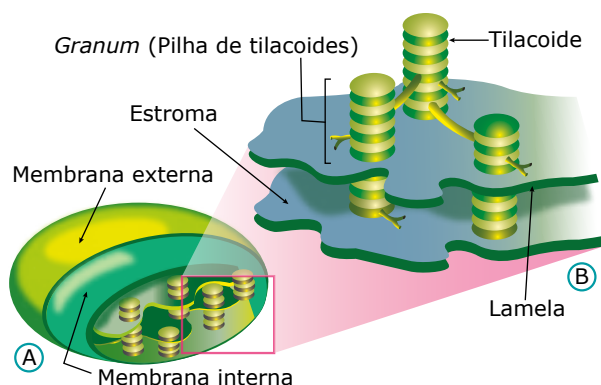
Numa célula vegetal, podem existir diferentes tipos de plastos e o conjunto de todos eles recebe o nome de plastidoma.

De todos os tipos de plastos, os cloroplastos são os mais importantes, uma vez que neles ocorre a reação de fotossíntese.

A fotossíntese tem por objetivo sintetizar glicose a partir de compostos inorgânicos, como água e gás carbônico, utilizando energia luminosa. Possui duas etapas básicas: fase clara e fase escura. Nas células eucariotas fotossintetizantes, essa reação ocorre nos cloroplastos. A fase clara tem lugar nos *grana*, enquanto a fase escura realiza-se no estroma.

Os cloroplastos podem apresentar morfologia variada: em certas algas, podem ser espiralados ou estrelados; nas células dos vegetais superiores, normalmente são esféricos ou ovoides.

Os plastos podem se transformar uns nos outros. Assim, cloroplastos podem se transformar em xantoplastos, em eritoplastos (no processo de amadurecimento de certos frutos, por exemplo) e, pela ausência de luz, em leucoplastos.



*Cloroplastos – A. Representação de um cloroplasto visto ao microscópio eletrônico (ME); B. Ilustração indicando os grana formados pelos tilacoides. Observe que os tilacoides se intercomunicam.*

Quanto à estrutura, os cloroplastos estão delimitados por duas membranas lipoproteicas: membrana externa e membrana interna. A membrana interna forma invaginações (dobras) para o interior da organela. Essas dobras se dispõem paralelamente e recebem o nome de lamelas. Sobre essas lamelas, encontramos pequenas estruturas discoides constituídas de clorofila, denominadas tilacoides. Os tilacoides se dispõem uns sobre os outros, formando pilhas. Cada pilha de tilacoides recebe o nome de granum, cujo plural é grana. O espaço interno do cloroplasto é preenchido por uma mistura denominada estroma, constituída de água, proteínas, carboidratos, lipídios, RNA e DNA. No estroma, também existem ribossomos. A presença de DNA nessa organela justifica sua capacidade de autoduplicação, e a presença de ribossomos permite a realização de síntese de proteínas em seu interior.

## Lisossomos(as)

São pequenas vesículas delimitadas por membrana lipoproteica, originárias do sistema golgiense, contendo enzimas digestivas (hidrolíticas) que têm atividade máxima em meio ácido. Por isso, também são genericamente denominadas de hidrolases ácidas. Essas enzimas são produzidas no retículo endoplasmático granuloso e daí vão para o sistema golgiense, do qual desprendem pequenas vesículas, os lisossomos, contendo as referidas enzimas. As enzimas lisossômicas são ativas em meio ácido (pH entre 4,5 e 5,0). A acidez do interior do lisossomo é obtida por meio do bombeamento de íons  $H^+$  para o interior dessas organelas. Na membrana do lisossomo, existe uma enzima que, utilizando energia liberada de ATP, bombeia íons  $H^+$  para dentro dos lisossomos.

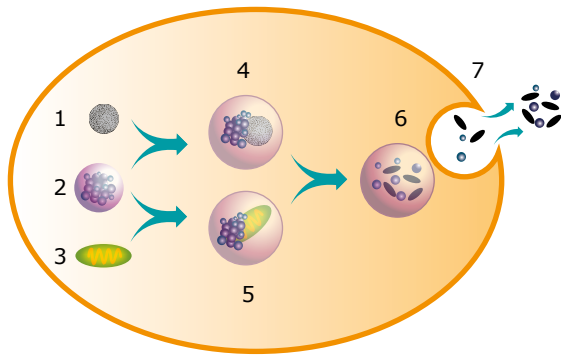
Como o hialoplasma é um meio neutro (pH = 7,0), se a membrana de um lisossomo se rompe liberando suas enzimas, isso não acarretará grandes danos à célula, uma vez que as enzimas lisossômicas são pouco ativas em meio neutro. Entretanto, havendo ruptura simultânea de muitos lisossomos, haverá extravasamento excessivo de enzimas, podendo pôr em risco a integridade da célula, levando, inclusive, à sua morte.

Os lisossomos são organelas típicas de células eucariotas animais e têm como função realizar a digestão intracelular. Essa digestão pode ser dos tipos: heterofagia e autofagia.

- **Heterofagia (digestão heterofágica)** – Consiste na digestão de material exógeno, isto é, material proveniente do meio extracelular e que penetra na célula por endocitose (fagocitose ou pinocitose). Trata-se, portanto, da digestão do fagossomo ou do pinossomo.

Uma vez dentro da célula, o fagossomo (ou o pinossomo) junta-se a um lisossomo (lisossomo primário) e, dessa união, surge o vacúolo digestivo ou lisossomo secundário. No interior do vacúolo digestivo, o material englobado por fagocitose ou pinocitose é digerido pelas enzimas lisossômicas. Os nutrientes resultantes dessa digestão são liberados no hialoplasma e aproveitados pela célula. O material que não foi digerido, ou seja, as sobras ou resíduos dessa digestão, permanece dentro do vacúolo, que passa então a ser chamado de vacúolo residual ou corpo residual. Uma vez formado, o vacúolo residual funde-se à membrana plasmática da célula e, por exocitose, libera os resíduos no meio extracelular. Alguns autores chamam essa exocitose realizada pelo vacúolo residual de defecação celular ou clasmocitose.

- **Autofagia (digestão autofágica)** – Consiste na digestão de material endógeno, isto é, material do próprio meio intracelular. Às vezes, certas organelas citoplasmáticas tornam-se inativas, deixando de realizar suas funções. Nesse caso, a organela inativa será digerida pelas enzimas lisossômicas. Na autofagia, o lisossomo primário junta-se à organela inativa, formando o vacúolo autofágico ou autofagossomo. No vacúolo autofágico, a organela é digerida. Os nutrientes provenientes dessa digestão são repassados para o hialoplasma e aproveitados pela célula, enquanto as “sobras” contidas no vacúolo residual são eliminadas, por clasmocitose, no meio extracelular.



- 1. Fagossomo ou pinossomo
  - 2. Lisossomo primário
  - 3. Organela inativa
  - 4. Vacúolo digestivo
  - 5. Vacúolo autofágico
  - 6. Vacúolo residual
  - 7. Clasmocitose
- $1 + 2 \rightarrow 4 \rightarrow 6 \rightarrow 7 = \text{Heterofagia}$   
 $2 + 3 \rightarrow 5 \rightarrow 6 \rightarrow 7 = \text{Autofagia}$

*Heterofagia e autofagia: os processos de digestão celular são compostos por várias etapas.*

Os lisossomos também estão relacionados com o processo da autólise (citólise), fenômeno que consiste na destruição da célula por suas próprias enzimas, ou seja, é uma autodestruição celular. Para que isso ocorra, é preciso que haja uma ruptura da membrana de vários lisossomos com consequente extravasamento das suas enzimas para o hialoplasma. Em contato direto com o hialoplasma, as enzimas lisossômicas iniciam o processo de digestão de toda a célula.

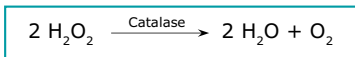
A autólise é um processo que ocorre, normalmente, após a morte do organismo. Após a nossa morte, por exemplo, as células entram em processo de autólise (autodestruição), o que, aliás, justifica, em parte, a degeneração cadavérica. Sabe-se que, assim que a célula morre, os lisossomos se rompem aos poucos, liberando suas enzimas que, evidentemente, aceleram o processo de degradação do material celular, simultaneamente à ação dos micro-organismos decompositores.

A autólise também acontece em alguns processos patológicos (doenças), como na silicose. Na silicose, doença pulmonar causada pela inalação constante de pó de sílica, muito comum em trabalhadores de pedreiras e minas, as partículas de sílica perfuram a membrana lisossômica das células pulmonares e, assim, há o extravasamento das enzimas que, então, iniciam o processo de autólise que leva à destruição e à morte das células pulmonares.

## Peroxisomos(as)

São pequenas vesículas membranosas encontradas em células eucariotas de animais e vegetais. Tais vesículas armazenam em seu interior determinadas enzimas, as oxidases, que catalisam reações que modificam substâncias tóxicas, tornando-as inofensivas para as células.

Nas células dos rins e do fígado, por exemplo, existem grandes peroxissomos que têm importante papel na destruição de moléculas tóxicas, como o etanol das bebidas alcoólicas ingeridas pelo organismo. Aproximadamente 25% do álcool ingerido pelo ser humano são degradados pelos peroxissomos. O restante é degradado pelo retículo endoplasmático não granuloso. Nas reações de degradação das moléculas tóxicas que ocorrem nos peroxissomos, átomos de hidrogênio presentes na molécula da substância tóxica são transferidos ao oxigênio, originando, como resíduo, a água oxigenada ou peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ). Entretanto, a água oxigenada formada como subproduto dessas reações também é uma substância tóxica para a célula, tendo, inclusive, ação mutagênica. No entanto, nos peroxissomos, também existe uma enzima, a catalase, que rapidamente promove o desdobramento da água oxigenada, transformando-a em água e em oxigênio.



*Desdobramento da água oxigenada pela catalase – A atividade da catalase é importante porque o peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) que se forma nos peroxissomos é um oxidante energético e prejudicaria a célula se não fosse rapidamente transformado.*

Um tipo particular de peroxissomo, o glioxissomo, é encontrado em células vegetais de sementes oleaginosas (algodão, amendoim, girassol, etc.). Os glioxissomos possuem oxidases que atuam em reações que transformam lipídios (armazenados como reservas de alimento) em açúcares, que são utilizados como fontes de energia para o metabolismo celular. A glicose produzida a partir dos lipídios de reserva nas sementes é distribuída para a plântula em formação e serve de fonte energética até que os cloroplastos se formem nas folhas jovens e iniciem a fotossíntese.

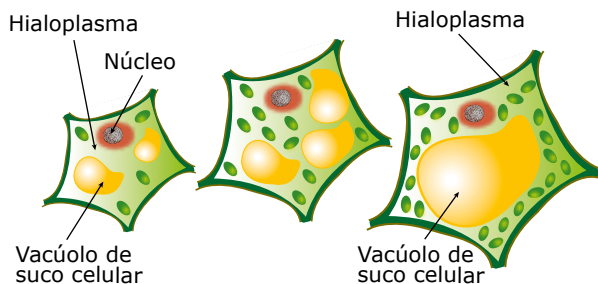
## Vacúolos

São vesículas membranosas de diferentes tamanhos e relacionadas com diferentes funções. Subdividem-se em:

- A) Vacúolos relacionados com os processos de digestão intracelular** – Nesse grupo, temos os vacúolos alimentares (fagossomos e pinossomos), os vacúolos digestivos, os vacúolos autofágicos e os vacúolos residuais.
- B) Vacúolos contráteis ou pulsáteis** – Aparecem em seres unicelulares dulcícolas desprovidos de parede celular e têm a finalidade de bombear, por transporte ativo, água para o meio extracelular, impedindo, assim, que a célula “estoure” devido ao excesso de água em seu interior.

**C) Vacúolos de suco celular ou vacúolos vegetais –**

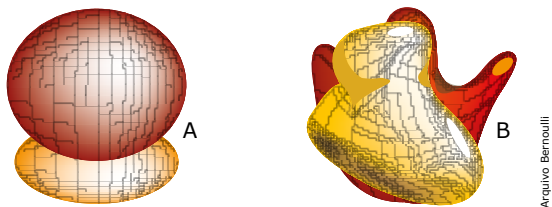
São encontrados apenas em células eucariotas vegetais. Estão delimitados por uma membrana lipoproteica, denominada tonoplasto, e contêm em seu interior o suco vacuolar, solução aquosa na qual, muitas vezes, estão dissolvidos açúcares, sais minerais e pigmentos.



*Vacúolo de suco celular – Nas células vegetais jovens, os vacúolos de suco celular são pequenos e numerosos. À medida que a célula vai se desenvolvendo, os vacúolos se fundem uns com os outros, formando vacúolos maiores. Assim, na célula vegetal adulta, normalmente aparece um único e volumoso vacúolo de suco celular que ocupa uma grande área do citoplasma. Esse vacúolo, na célula adulta, é um reservatório de água, sais, pigmentos e açúcares. A concentração da solução existente dentro desse vacúolo exerce importante papel no mecanismo osmótico da célula vegetal.*

**Ribossomos(as)**

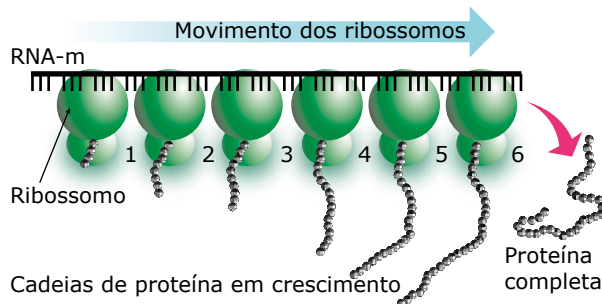
Estruturas não membranosas, encontradas em células procariotas e eucariotas. Descobertos em 1953 por George Palade, razão pela qual foram inicialmente denominados grânulos de Palade. São pequenos grânulos de ribonucleoproteínas, uma vez que são constituídos de RNA-r e proteínas.



*Ribossomo – A. Cada ribossomo é formado por duas subunidades, uma maior e outra menor; B. Figura próxima ao ribossomo real.*

Nas células procariotas, os ribossomos são encontrados dispersos pelo hialoplasma. Nas eucariotas, além de serem encontrados dispersos pelo hialoplasma, também estão presentes aderidos às paredes do retículo endoplasmático rugoso, na matriz mitocondrial e no estroma dos cloroplastos.

A função dos ribossomos é a síntese de proteínas. Para exercer essa função, precisam estar ligados a uma fita de RNA-m. Muitas vezes, vários ribossomos ligam-se a uma mesma molécula de RNA-m. O complexo formado pela molécula de RNA-m e pelos diversos ribossomos a ela associados recebe o nome de polissomo ou polirribossomo. No polissomo, todos os ribossomos percorrem a mesma fita de RNA-m e, assim, os peptídeos por eles produzidos serão idênticos, uma vez que terão a mesma sequência de aminoácidos.

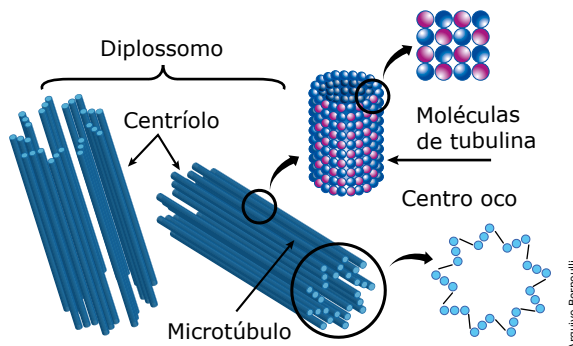


*Polirribossomo – Observe que os diversos ribossomos, por estarem em diferentes pontos do RNA-m, estão com sua cadeia peptídica em fases diferentes de formação. O ribossomo 1 percorreu um número menor de códons e, por isso, está com um peptídeo menor. Ao contrário, o ribossomo 6 está com a cadeia peptídica já formada e se soltará do RNA-m.*

**Centríolos**

Estruturas não membranosas encontradas apenas em células eucariotas, exceto em células de angiospermas e muitas gimnospermas (pinheiros, por exemplo).

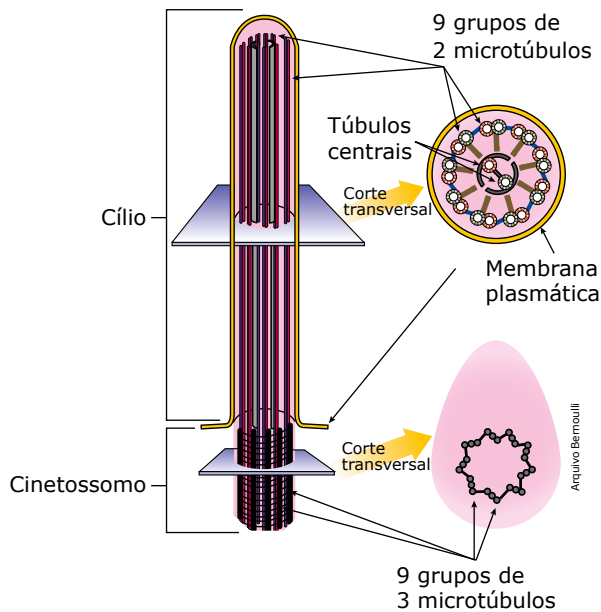
Em geral, a célula apresenta um par de centríolos dispostos perpendicularmente um ao outro, ocupando, normalmente, uma posição próxima ao núcleo celular em uma região denominada centro celular (centrossomo). Esse par de centríolos é denominado diplossomo.



*Centríolos – Cada centríolo é formado por 27 túbulos proteicos, organizados em nove grupos de três túbulos cada. Esses túbulos proteicos são, na realidade, microtúbulos constituídos de proteínas denominadas tubulinas. Tem sido descrita, também, a ocorrência de duas outras proteínas: a nexina e a dineína, que fazem a ligação entre os dois centríolos constituintes do diplossomo, bem como a ligação entre os microtúbulos de cada centríolo.*

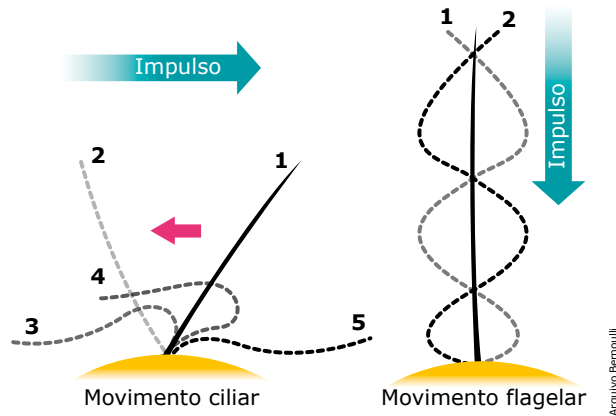
Os centríolos podem se duplicar por montagem molecular, isso é, podem orientar a formação de novos microtúbulos a partir da associação de moléculas de tubulinas e, conseqüentemente, formar novos centríolos.

Nas células eucariotas, os centríolos são responsáveis pela formação dos cílios e flagelos, estruturas filamentosas móveis que se projetam da superfície celular. Os cílios e os flagelos são centríolos modificados. A parte basal dos cílios e dos flagelos é denominada cinetossomo (corpúsculo basal) e tem a mesma estrutura do centríolo.



**Cílios e flagelos** – Um corte transversal no cinetossomo mostra uma estrutura idêntica à do centríolo, isto é, nove grupos de três túbulos proteicos cada. Do cinetossomo, dois túbulos de cada grupo de três alongam-se, empurrando a membrana plasmática, ocorrendo, ainda, a formação de um par de túbulos na região central. Assim, um corte transversal na parte do cílio ou flagelo que se exterioriza (que sai para o meio extracelular) mostra uma estrutura formada por nove grupos de dois túbulos proteicos cada e dois túbulos centrais. Alguns autores costumam empregar o esquema numérico 9 + 2 para designar a estrutura dos cílios e flagelos, e o esquema 9 + 0 para representar a organização dos túbulos no centríolo.

Os cílios e os flagelos das células eucariotas têm a mesma origem e a mesma estrutura interna. A diferença entre eles deve-se, basicamente, a três fatores: os cílios são mais curtos que os flagelos; os cílios são mais numerosos do que os flagelos; o movimento dos cílios é diferente do movimento flagelar, como mostra a figura a seguir:



O movimento dos cílios é diferente do movimento dos flagelos.



**Estruturas das células eucariotas**

Nesse objeto de aprendizagem, você visualizará a estrutura de uma célula eucariota animal e de uma vegetal, percebendo as semelhanças e diferenças entre elas. Atente às estruturas exclusivas e aos textos explicativos de cada organela. Bom trabalho!



**APOPTOSE**

A **apoptose** é um fenômeno que consiste na **morte celular geneticamente programada** como parte de um processo normal, ou seja, é uma autodestruição celular geneticamente programada. Muitas células, durante os diferentes processos de formação dos organismos pluricelulares, são programadas para morrer. Uma das razões da apoptose é o fato de a célula, em determinado momento, não ser mais necessária ao organismo. Por exemplo, antes do nascimento, o feto humano apresenta mãos com membrana interdigital (entre os dedos). Com a continuidade do desenvolvimento, as células que constituem essa membrana sofrem apoptose e desaparecem.

A apoptose também acontece nas alterações estruturais que se verifica na metamorfose de certos animais. É por apoptose, por exemplo, que ocorre o desaparecimento da cauda do girino (larva do sapo) quando ele começa a transformar-se num animal adulto. Na apoptose, a célula fragmenta-se em vesículas revestidas por membranas denominadas **corpos apoptóticos**. Por serem revestidos por membranas, esses fragmentos são reconhecidos e fagocitados por macrófagos ou por células vizinhas. Assim, as células que morrem por apoptose são removidas do tecido sem que haja extravasamento do conteúdo celular, o que evita a ocorrência de processo inflamatório. Quando danificadas por substância tóxica, veneno, ou então quando são privadas de nutrientes essenciais, as células podem morrer por necrose e se romper, liberando seu conteúdo no meio extracelular, o que frequentemente resulta em inflamação. Na morte celular por apoptose, não ocorre esse extravasamento.



## EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



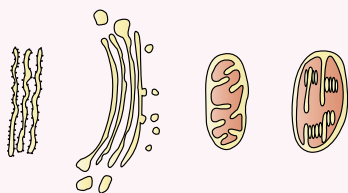
**01.** (UECE-2019) Em relação às células vegetais, escreva V ou F conforme seja verdadeiro ou falso o que se afirma nos itens a seguir.

- ( ) As células vegetais apresentam vacúolos.
- ( ) As paredes das células vegetais são dotadas de celulose.
- ( ) As células vegetais contêm cloroplastos ou outros plastídios.
- ( ) As células vegetais não apresentam totipotência (capacidade de diferenciar-se em todos os tipos de células especializadas).

Está correta, de cima para baixo, a seguinte sequência:

- A) V, F, V, F.
- B) F, V, F, V.
- C) V, V, V, F.
- D) F, F, F, V.

**02.** (UFMG) Que alternativa indica as funções correspondentes aos organoides celulares representados?



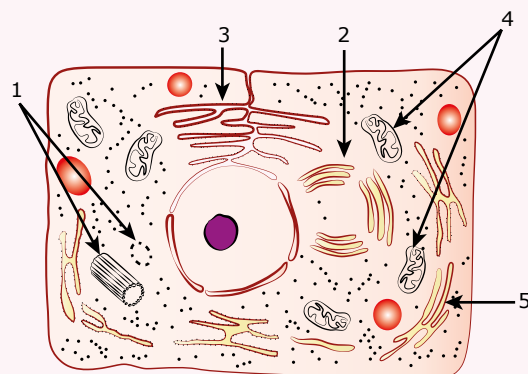
- A) Respiração, fotossíntese, síntese proteica, armazenamento de secreção.
- B) Síntese proteica, armazenamento de secreção, respiração, fotossíntese.
- C) Armazenamento de secreção, síntese proteica, fotossíntese, respiração.
- D) Síntese proteica, respiração, armazenamento de secreção, fotossíntese.
- E) Fotossíntese, armazenamento de secreção, respiração, síntese proteica.

**03.** (UFSCar-SP) Em uma célula vegetal o material genético concentra-se no interior do núcleo, o qual é delimitado por uma membrana. Além dessa região, o material genético também é encontrado no interior do

- A) retículo endoplasmático e complexo golgiense.
- B) complexo golgiense e cloroplasto.
- C) lisossomo e retículo endoplasmático.
- D) lisossomo e mitocôndria.
- E) cloroplasto e mitocôndria.

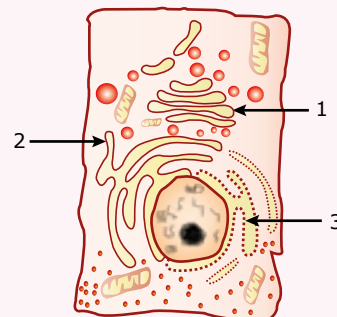
**04.**  
TOTF

(Mackenzie-SP) O esquema a seguir representa uma célula eucariótica. Indique a alternativa correta a respeito das organelas apontadas.



- A) 4 está ausente em células vegetais.
- B) 2 é exclusiva de células produtoras de hormônios.
- C) As ligações peptídicas se estabelecem nos ribossomos presentes na organela 3.
- D) 1 é formadora de cílios e flagelos em todos os tipos de células, incluindo-se as procaríotas.
- E) 5 é responsável pela digestão intracelular.

**05.** (UFF-RJ) Observe as três organelas indicadas na figura.



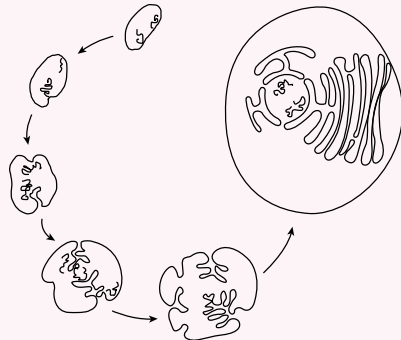
Assinale a alternativa que, relativamente a cada uma dessas organelas, apresenta sua identificação seguida de uma de suas funções.

- A) 1. retículo endoplasmático liso – síntese de lipídios; 2. retículo endoplasmático rugoso – pode controlar a concentração de cálcio citoplasmático; 3. Complexo de Golgi – secreção celular.
- B) 1. Complexo de Golgi – síntese de proteínas; 2. retículo endoplasmático rugoso – secreção celular; 3. retículo endoplasmático liso – transporte de substâncias.
- C) 1. Complexo de Golgi – origem dos lisossomos; 2. retículo endoplasmático liso – pode controlar a concentração de cálcio citoplasmático; 3. retículo endoplasmático rugoso – síntese de proteínas.
- D) 1. Complexo de Golgi – secreção celular; 2. retículo endoplasmático liso – síntese de proteínas; 3. retículo endoplasmático rugoso – síntese de lipídios.
- E) 1. retículo endoplasmático liso – pode controlar a concentração de cálcio citoplasmático; 2. retículo endoplasmático rugoso – síntese de proteínas; 3. Complexo de Golgi – secreção celular.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS



01. (FASEH-MG-2019) Analise o diagrama a seguir.

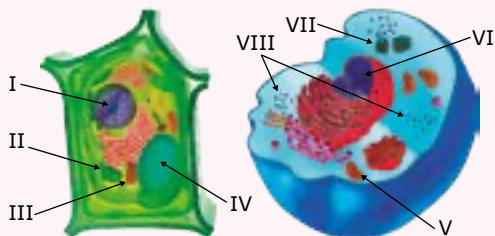


Disponível em: <<https://edisciplinas.usp.br/mod/book/view.php?id=2433742&chapterid=19596>>. Acesso em: 4 maio 2019.

Esse processo representado explica a(o)

- A) formação da dupla membrana das mitocôndrias.
- B) aparecimento dos cloroplastos nos vegetais.
- C) origem do golgiossomo em eucélulas.
- D) formação de flagelos e cílios em protistas.

02. (UnB-DF-2019)

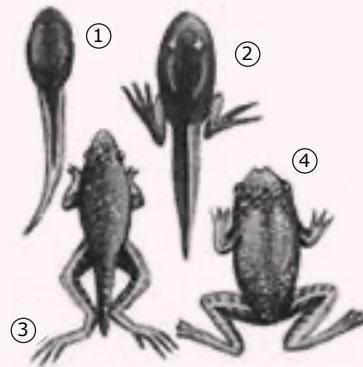


Disponível em: <[www.pt.nextews.com](http://www.pt.nextews.com)> (Adaptação).

Considerando as figuras precedentes, que mostram os cortes de duas células cujos componentes são identificados pelos números de I a VIII, julgue os itens subsequentes.

- ( ) As células pertencem a organismos eucariontes que são da mesma família, mas possuem nichos distintos.
- ( ) Os elementos identificados por I e VI correspondem a locais de intensa transcrição do ácido ribonucleico ribossômico (RNAr).
- ( ) A organela identificada por V, assim como os cloroplastos presentes em plantas, tem como principal função promover o processo de respiração celular.
- ( ) O centríolo (identificado por VII) está associado à divisão celular e à formação de cílios e flagelos; a ocorrência de mutações nos genes que codificam as proteínas que o compõem pode causar anormalidades no desenvolvimento embrionário humano.
- ( ) Para que a síntese proteica ocorra, o ribossomo (organela identificada por VIII) deve associar-se a moléculas de ácidos desoxirribonucleicos mensageiro e tradutor, que contêm códons necessários à síntese da proteína.

03. (UNIUBE-MG)



SOARES, J. L. *Biologia no terceiro milênio*. São Paulo: Scipione, 1998. p. 93.

Durante a metamorfose, o girino sofre regressão da cauda por ação das catepsinas ou catepsinases, enzimas proteolíticas liberadas pelo(s)(as)

- A) mitocôndrias.
- B) complexo de Golgi.
- C) lisossomos.
- D) ribossomos.
- E) peroxissomos.

04. XV1J



(PUC Minas) O processo de renovação celular em que orgânulos envelhecidos, não funcionais, são digeridos pelos lisossomos, com possível aproveitamento do material digerido, é chamado de

- A) heterofagia.
- B) clasmocitose.
- C) autofagia.
- D) fagocitose.
- E) autólise.

05. 1WMK



(UERJ) O corpo humano, como na maioria dos animais, é formado por sistemas. No homem, podem-se encontrar os sistemas digestório, respiratório, cardiovascular, nervoso, entre outros. Cada sistema é formado por órgãos, constituídos por tecidos, que são compostos por células. No que se refere à organização celular humana, marque a alternativa correta.

- A) No citoplasma ocorre a maioria das reações químicas celulares.
- B) As partes fundamentais das células são membrana plasmática e núcleo.
- C) O núcleo é responsável por controlar as trocas de substâncias entre o interior e o exterior da célula.
- D) A membrana plasmática é envolta por uma parede celular semirrígida que exerce o controle sobre as substâncias que penetram na célula.

06. 267U



(UFRGS-RS) Em um experimento em que foram injetados aminoácidos radioativos em um animal, a observação de uma de suas células mostrou os seguintes resultados: após 3 minutos, a radioatividade estava localizada na organela X (demonstrando que a síntese de proteínas ocorria naquele local); após 20 minutos, a radioatividade passou a ser observada na organela Y; 90 minutos depois, verificou-se a presença de grânulos de secreção radioativos, uma evidência de que as proteínas estavam próximas de serem exportadas.

As organelas X e Y referidas no texto são, respectivamente,  
 A) o complexo golgiense e o lisossomo.  
 B) o retículo endoplasmático liso e o retículo endoplasmático rugoso.  
 C) a mitocôndria e o ribossomo.  
 D) o retículo endoplasmático rugoso e o complexo golgiense.  
 E) o centríolo e o retículo endoplasmático.

- 07.** (UFPI) Uma célula privada do aparelho de Golgi possui dificuldade em  
 A) manter sua forma. D) sintetizar proteínas.  
 B) sintetizar DNA. E) armazenar moléculas.  
 C) sintetizar mRNA.

- 08.** (UEL-PR) O tecido epitelial do intestino delgado apresenta um tipo de célula que produz mucopolissacarídeos com função lubrificante, facilitando, assim, o deslocamento do alimento durante o processo de digestão. Baseando-se na função destas células, qual das organelas celulares aparece bastante desenvolvida quando observada ao microscópio eletrônico?  
 A) Retículo endoplasmático liso.  
 B) Lisossomo.  
 C) Complexo de Golgi.  
 D) Peroxissomo.  
 E) Vacúolo.

- 09.** (UECE) As reações metabólicas consistem em intrincados e elegantes mecanismos os quais são responsáveis pela manutenção e pelo equilíbrio da dinâmica da vida. A estrutura celular que tem responsabilidade pelo elegante mecanismo da síntese de moléculas de ATP, um trabalho indispensável à manutenção dos seres vivos, já que essa área se responsabiliza por energia, é denominada  
 A) complexo de Golgi. C) DNA.  
 B) lisossomos. D) mitocôndrias.

- 10.** (UFMA) As organelas citoplasmáticas encontram-se em maior ou menor quantidade, ou mais ou menos desenvolvidas em determinadas células ou organismos. Essa variação está relacionada com o melhor desempenho da sua função. Com base nessas informações, assinale a alternativa correta.  
 A) Os vacúolos pulsáteis (ou contráteis) são bem desenvolvidos nos animais marinhos.  
 B) Os vacúolos de suco celular são abundantes nos protozoários de água doce.  
 C) As mitocôndrias ocorrem em grande quantidade nas células com baixa atividade metabólica.  
 D) O retículo endoplasmático granuloso é muito desenvolvido em células relacionadas com a produção de secreções.  
 E) Os ribossomos ocorrem em grande quantidade nos vírus.

- 11.** (UECE) O retículo endoplasmático e o complexo de Golgi são organelas celulares cujas funções estão relacionadas da seguinte forma: o complexo de Golgi  
 A) recebe proteínas sintetizadas no retículo endoplasmático.  
 B) envia proteínas, nele sintetizadas, para o retículo endoplasmático.  
 C) envia polissacarídeos, nele sintetizados, para o retículo endoplasmático.  
 D) recebe monossacarídeos sintetizados no retículo endoplasmático, para o qual envia polissacarídeos.

- 12.** (PUC Rio) O cianureto é um veneno que mata em poucos minutos, sendo utilizado na condenação à morte na câmara de gás. Ele combina-se de forma irreversível com pelo menos uma molécula envolvida na produção de ATP.

Assim, ao se analisar uma célula de uma pessoa que tenha sido exposta ao cianureto, a maior parte do veneno será encontrada dentro de:

- A) Retículo endoplasmático. D) Mitocôndria.  
 B) Peroxissomos. E) Complexo de Golgi.  
 C) Lisossomos.

- 13.** (UPE) Num determinado hospital da Região Metropolitana do Recife, nasceu um menino com a síndrome de Zellweger ou síndrome cérebro-hepatorrenal. Considerada uma doença raríssima, por ocorrer 1 em cada 50 000 a 100 000 nascimentos, é resultante do defeito no funcionamento de uma organela celular, cuja função está relacionada com o armazenamento da enzima catalase. Esta reage com o peróxido de hidrogênio, substância tóxica que necessita da sua degradação, contribuindo com a desintoxicação do organismo, a partir da oxidação de substâncias absorvidas do sangue.

Com base nessas informações, a organela celular a que o texto se refere denomina-se

- A) lisossomos. D) ribossomose.  
 B) peroxissomos. E) glioxissomos.  
 C) mitocôndrias.

- 14.** (UFPR) Os vertebrados possuem grupos de células bastante variados, com adaptações necessárias ao seu funcionamento. Essas adaptações refletem-se, muitas vezes, na própria estrutura celular, de modo que as células podem tornar-se especializadas em determinadas funções, como contração, transmissão de impulsos nervosos, "geração" de calor, síntese de proteínas e lipídios, secreção, etc. Considere os resultados obtidos do estudo de duas células diferentes, apresentados na tabela.

Estrutura de duas células extraídas de tecidos diferentes, observadas ao microscópio		
	Célula A	Célula B
Filamentos de actina	+++	+
Microtúbulos	+	++
Retículo endoplasmático liso	+++	++
Retículo endoplasmático rugoso	+	+++
Mitocôndrias	+++	+++
Aparato de Golgi	+	+++
Núcleo	+++	+
+ poucos ou escassos; ++ intermediários; +++ muitos ou abundantes.		

Considerando os resultados, que função poderia ser desempenhada pelas células A e B, respectivamente?

- A) Contração e secreção.  
 B) Síntese de lipídios e contração.  
 C) Geração de calor e síntese de lipídios.  
 D) Síntese de proteínas e geração de calor.  
 E) Transmissão de impulso nervoso e síntese de proteínas.

## SEÇÃO ENEM

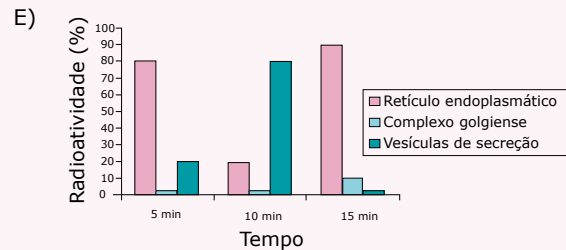
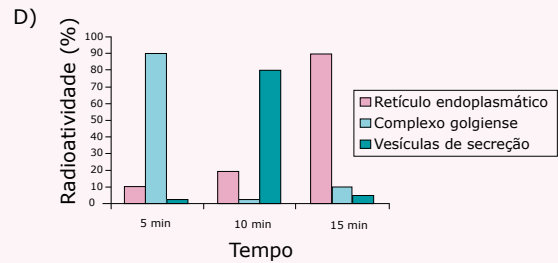
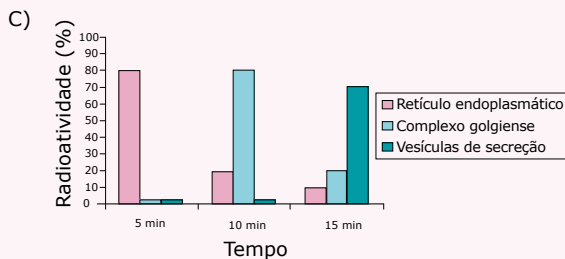
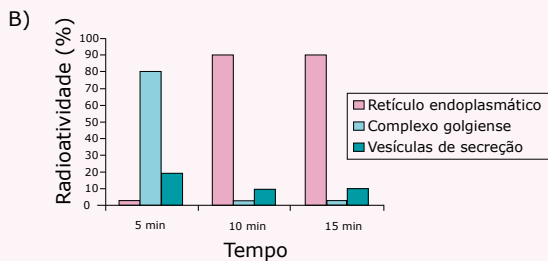
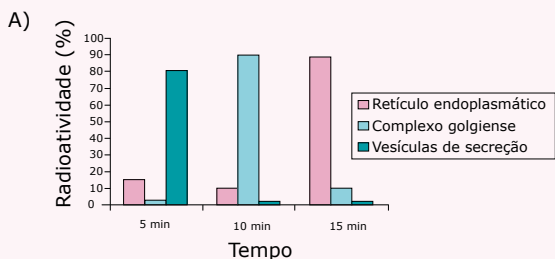
**01.** (Enem-2017) Uma das funções dos neutrófilos, um tipo de glóbulo branco, é fagocitar bactérias invasoras em nosso organismo. Em uma situação experimental, um cientista colocou em um mesmo meio neutrófilos e bactérias Gram positivas que apresentavam a parede celular fluorescente. Em seguida, o cientista observou os neutrófilos ao microscópio de fluorescência e verificou a presença de fluorescência em seu interior.

Em qual organela do neutrófilo foi percebida a fluorescência?

- A) Mitocôndria
- B) Peroxissomo
- C) Vacúolo digestivo
- D) Complexo golgiense
- E) Retículo endoplasmático liso

**02.** (Enem) Muitos estudos de síntese e endereçamento de proteínas utilizam aminoácidos marcados radioativamente para acompanhar as proteínas, desde fases iniciais de sua produção até seu destino final. Esses ensaios foram muito empregados para estudo e caracterização de células secretoras.

Após esses ensaios de radioatividade, qual gráfico representa a evolução temporal da produção de proteínas e sua localização em uma célula secretora?



**03.** (Enem) Segundo a teoria evolutiva mais aceita hoje, as mitocôndrias, organelas celulares responsáveis pela produção de ATP em células eucariotas, assim como os cloroplastos, teriam sido originados de procariontes ancestrais que foram incorporados por células mais complexas.

Uma característica da mitocôndria que sustenta essa teoria é a

- A) capacidade de produzir moléculas de ATP.
- B) presença de parede celular semelhante à de procariontes.
- C) presença de membranas envolvendo e separando a matriz mitocondrial do citoplasma.
- D) capacidade de autoduplicação dada por DNA circular próprio semelhante ao bacteriano.
- E) presença de um sistema enzimático eficiente às reações químicas do metabolismo aeróbio.

## SEÇÃO FUVEST / UNICAMP / UNESP



### GABARITO

Meu aproveitamento

#### Aprendizagem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. C       03. E       05. C
- 02. B       04. C

#### Propostos

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. C       06. D       09. D       12. D
- 02. F V F V F
- 03. C       07. E       10. D       13. B
- 04. C       08. C       11. A       14. A
- 05. A

#### Seção Enem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. C       02. C       03. D



Total dos meus acertos: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ . \_\_\_\_\_ %