



# Introdução à Citologia e superfície das células

## 1. Citologia: seu surgimento e desenvolvimento

Ao estudarmos a origem e a evolução dos seres vivos, falamos em origem e evolução da célula. Afinal, com exceção dos vírus, os seres vivos são formados por células, e a compreensão de como eles surgiram e evoluíram passa pela compreensão de como a célula surgiu e evoluiu. O primeiro ser vivo que surgiu no planeta Terra era uma célula.

Vamos agora entrar no universo celular e procurar compreender a estrutura e o funcionamento das células, o que é fundamental para que possamos entender a intrincada rede de interações necessárias para a manutenção da vida.

A área da Biologia que estuda a célula é a Citologia (*cito* = célula; *logos* = estudo). Essa área só teve início a partir do momento em que o ser humano começou a construir aparelhos com lentes que propiciam o aumento da imagem de objetos. Esses aparelhos, chamados **microscópios**, possibilitam o conhecimento e o estudo de estruturas invisíveis a olho nu.

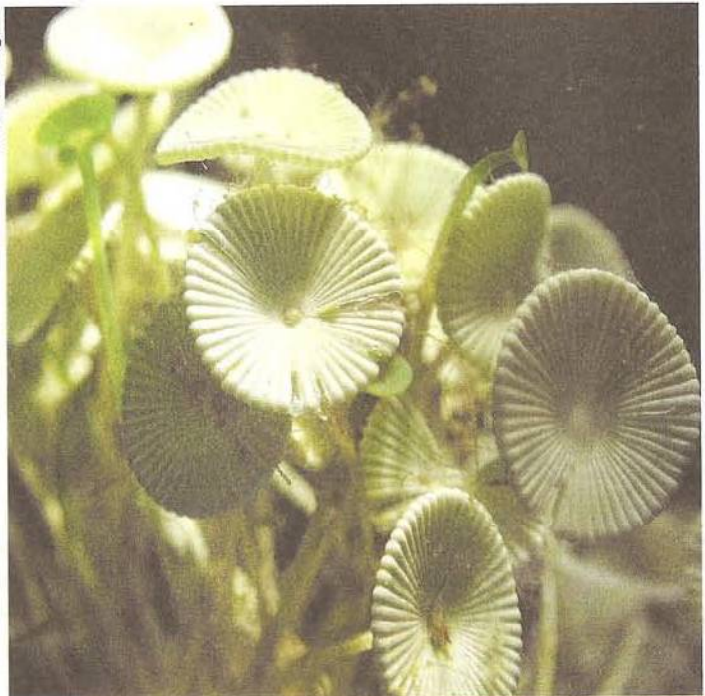
Embora existam células visíveis a olho nu, como a mostrada na foto ao lado, a maioria delas é microscópica.

Os primeiros microscópios foram construídos no século XVI, mas somente no século XVII foram utilizados com finalidades biológicas. Nesse século, o holandês Anton van Leeuwenhoek (1632-1723) construiu um microscópio formado por uma única lente de aumento e que permitia obter imagens ampliadas em até trezentas vezes. Com ele analisou e descreveu vários microrganismos, como bactérias e protozoários.

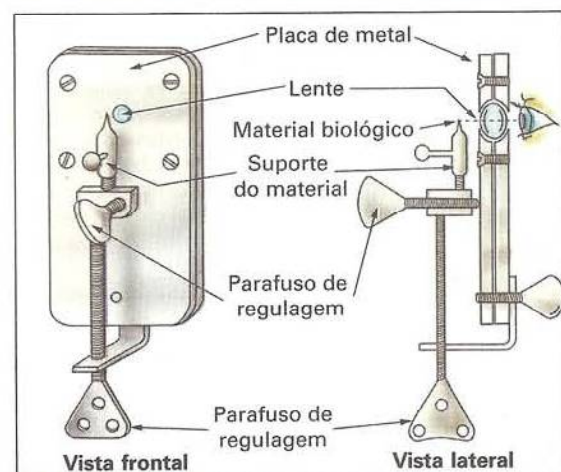
Por ser formado por uma só lente de aumento, esse microscópio é chamado de **microscópio simples**, e por usar a luz para iluminar os objetos observados é também chamado de **microscópio de luz (ML)** ou de **microscópio óptico (MO)**.

Mais tarde, em 1665, o inglês **Robert Hooke** (1635-1703) publicou suas observações de estruturas visíveis ao microscópio de luz, só que esse microscópio era construído com duas lentes de aumento associadas a um tubo. Essas observações lhe valeram o crédito de descobridor das células.

Álvaro E. Migotto



Fotografia de alga marinha unicelular, do gênero *Acetabularia*. Uma única célula forma o pedúnculo e o "chapéu". Tem cerca de 4 cm de altura.



Esquema do microscópio simples, com uma só lente de aumento, usado por Leeuwenhoek. Mede cerca de 15 cm de altura.



O microscópio utilizado por Hooke apresentava uma lente chamada **ocular** (voltada para o olho humano) e outra chamada **objetiva** (voltada para o objeto a ser analisado). Por apresentar duas lentes, ele é chamado de **microscópio composto**.

As imagens obtidas nesses microscópios compostos são mais ampliadas e apresentam mais detalhes do que as obtidas nos microscópios simples. Atualmente, todos os microscópios de luz utilizados em Biologia são compostos e mais sofisticados do que o utilizado por Hooke.



Fotografia de microscópio usado por Hooke no século XVII e desenho de delgadas fatias de cortiça que ele analisou, em que se podem notar pequenas cavidades, denominadas **células** (termo derivado do latim, que significa saletas). O que Hooke observou, na realidade, eram as paredes celulares que delimitam as células da cortiça. As paredes celulares são resistentes e persistem mesmo após a morte das células. Cada célula de cortiça mede cerca de 100 µm de comprimento.

## 2. Microscópios de luz

O estudo de estruturas menores é feito com microscópios de luz, que permitem aumentos de até 1 500 vezes. Com esses aumentos, entretanto, não é possível observar os detalhes da estrutura celular.



O microscópio mostrado em **A** é chamado **estereoscópico** (vulgarmente conhecido por lupa). É indicado para observação de estruturas e organismos maiores do que os normalmente observados em microscópios como o mostrado em **B** e permite também a observação de objetos opacos.

O microscópio mostrado em **B** permite aumentos maiores do que os microscópios este-

reoscópicos, e os objetos a serem analisados devem permitir a passagem de luz.

O aumento da imagem que vemos ao microscópio composto é dado pela multiplicação do aumento da ocular pelo aumento da objetiva. Por exemplo, um microscópio composto com ocular 5X e objetiva 40X possibilita ampliação de 200X.

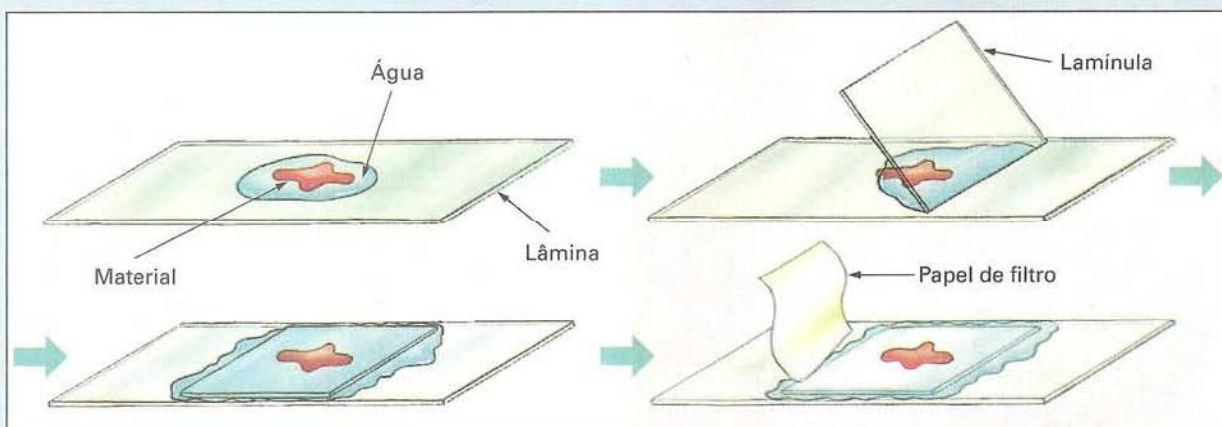


## Algumas técnicas que nos permitem preparar as células para observação ao microscópio de luz (ML)

### Observando células vivas ao ML

Para a observação de células ao ML, deve-se colocar o material sobre uma lâmina de vidro com uma gota de água ou outro líquido adequado à sua preparação. Em seguida, cobre-se esse material com uma lamínula (lâmina de vidro muito mais fina do que a primeira), procedendo-se assim: coloca-se a lamínula inclinada, para depois deixar que ela se deite cuidadosamente sobre o material. Esse procedimento evita a formação de bolhas de ar, que prejudicam a observação do objeto.

Caso haja excesso de água, ele deve ser removido encostando-se um pedaço de papel de filtro em uma das bordas da lamínula, como mostra a figura seguinte:



Esquema de como se deve proceder para montar um material entre uma lâmina e uma lamínula para ser analisado ao microscópio de luz.

### Observando células da epiderme de cebola ao ML

Para observar células do tecido epidérmico da cebola, primeiro retira-se a casca de uma cebola. Depois, separam-se uma ou mais de suas camadas suculentas. Na parte interna dessas camadas pode ser encontrada uma película delicada, que é a epiderme, tecido de revestimento formado por uma camada de células. Retira-se essa película e coloca-se um pequeno pedaço dela sobre uma lâmina de vidro em que se tenha depositado um pouco de água. Finalmente, cobre-se essa preparação com uma lamínula e o material está pronto para ser observado ao microscópio de luz.



Esquema de como se pode proceder para fazer uma preparação de epiderme de cebola para ser analisada ao microscópio de luz.

Células vivas podem ser analisadas utilizando-se corantes vitais, como o vermelho neutro, que tinge de vermelho vacúolos digestivos, e o verde janus, que tinge de verde as mitocôndrias.

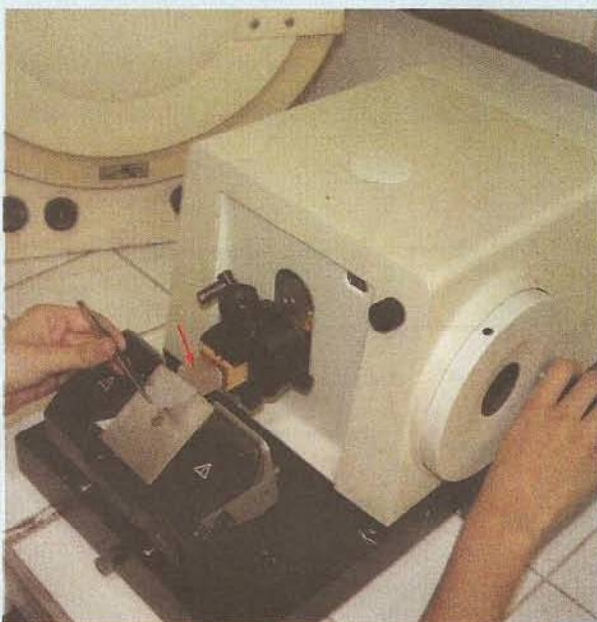
### Observando células fixadas e coradas ao ML

O estudo mais detalhado da célula ao ML é feito por meio de células fixadas e coradas. A fixação pode ser feita mergulhando-se o material a ser observado em uma solução como formol e álcool, que mata imedia-



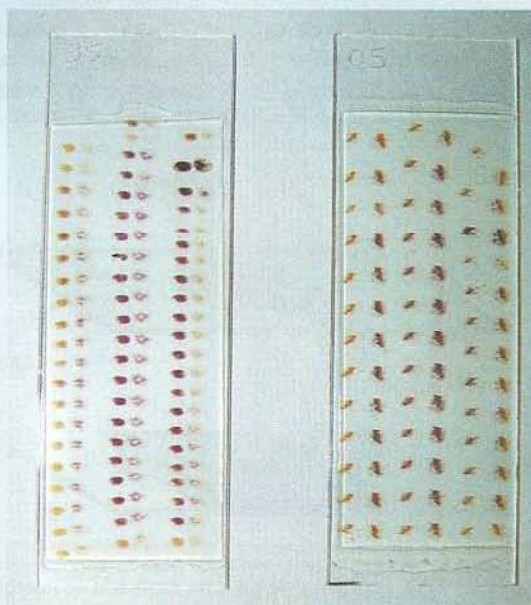
tamente as células e preserva sua estrutura. Depois de as células terem sido fixadas, acrescentam-se corantes à preparação para evidenciar determinadas estruturas. Os diferentes tipos de corantes têm afinidades com regiões específicas das células, o que torna mais fácil sua visualização.

A observação de células dos tecidos pode ser feita por meio de **cortes histológicos**. Nesse caso, coloca-se o material a ser analisado mergulhado em parafina líquida ou em outra substância líquida que depois endureça, o que facilita os cortes. O material assim preparado é cortado em fatias delgadas com o auxílio de um aparelho chamado **micrótomo**. Os cortes são então colocados em lâmina de vidro, a parafina é dissolvida e as células são coradas com corantes especiais. Depois, são feitas as lâminas permanentes adicionando-se bálsamo-do-canadá e cobrindo-se a preparação com lamínula para observação ao ML.



Felipe F. Curcio

Fotografia mostrando um bloco de parafina (seta), com material biológico devidamente preparado em seu interior, sendo cortado com o uso de micrótomo.



Felipe F. Curcio

Fotografia de duas lâminas permanentes, cada uma delas com vários cortes histológicos seriados e corados, prontos para a observação ao microscópio de luz.

Células de certos tecidos podem ser observadas sem a realização de cortes histológicos, como é o caso de células do sangue, que podem ser observadas por meio da técnica do **esfregaço**: o sangue coletado é depositado sobre a lâmina e espalhado, formando uma delgada camada. Depois esse material é fixado e corado.

**Atenção:** A análise de células do sangue só deve ser feita por profissionais devidamente qualificados e em laboratórios especializados, em função do **risco de transmissão de certas doenças, como a AIDS**.

### 3. Microscópios eletrônicos

O estudo detalhado das estruturas celulares só foi possível com o advento dos microscópios eletrônicos (**ME**), que permitem observar as células com aumentos muito maiores. Isso é possível porque os microscópios eletrônicos utilizam feixes de elétrons para analisar o objeto a ser estudado, em substituição aos feixes de luz.

Os microscópios eletrônicos podem ser de **transmissão** ou de **varredura**. Os de transmissão são empregados para analisar estruturas cortadas em fatias muito finas. Já os de varredura são empregados para analisar a superfície do corpo dos seres vivos, das células e mesmo das moléculas.



Juarez Silva

Fotografia de microscópio eletrônico de varredura.



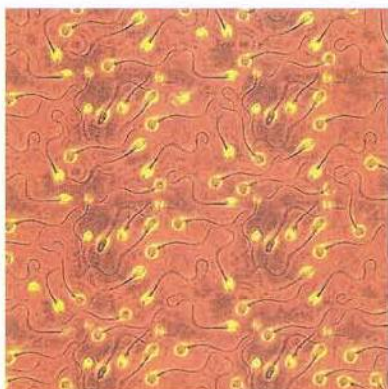
O material a ser analisado ao ME deve ser devidamente fixado e corado com sais de metais pesados que propiciam contrastes nas estruturas das células. Esses corantes tornam as estruturas das células menos permeáveis aos feixes de elétrons, sendo que as estruturas mais coradas são vistas em preto ou cinza-escuro e as menos coradas são vistas em tons de cinza-claro.

A imagem é vista em uma tela e pode ser impressa como fotografia. Como são sempre em bran-

co e preto, essas fotos podem ser posteriormente coloridas artificialmente, buscando-se evidenciar ainda mais as estruturas celulares.

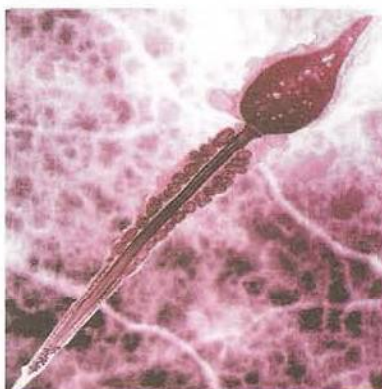
As fotos tiradas com o uso dos diferentes tipos de microscópios são chamadas **fotomicrografias** ou simplesmente **micrografias**.

Observe a seguir micrografias de células ao microscópio de luz, ao microscópio eletrônico de transmissão e ao de varredura:



Espermatozoides observados ao microscópio de luz. Cada espermatozoide mede cerca de 0,065 mm de comprimento.

Mehau Kulyk/Science Photo Library



Espermatozoide observado ao microscópio eletrônico de transmissão. Colorida artificialmente.

Keystock Medical



Espermatozoides observados ao microscópio eletrônico de varredura. Colorida artificialmente.

Juergen Berger, Max-Planck Institute/SPL

## Poder de aumento e de resolução

É importante salientar a diferença entre poder de resolução e poder de aumento. Se uma fotografia for ampliada e analisada a olho nu, a imagem terá aumentado, mas os pontos da imagem da foto separados por menos de 100  $\mu\text{m}$  continuarão aparecendo como um ponto só, borrado. Isso significa que ampliamos a imagem, mas não melhoramos sua definição. A imagem ficou ampliada, mas borrada.

Esse fato ocorre porque nosso olho tem o limite de resolução da ordem de 0,1 mm. Isso significa que, se olharmos dois pontos de uma imagem que estejam separados um do outro por uma distância menor que 0,1 mm, eles aparecerão como um ponto único. Para distinguir estruturas que se apresentam separadas umas das outras por menos de 0,1 mm há necessidade de instrumentos que tenham maior poder de aumento e também de resolução.

Assim, além de produzir imagens ampliadas, os microscópios precisam ter boa resolução.

•  
Ponto observado  
a olho nu.

•••  
O mesmo ponto observado  
ao microscópio de luz.  
Maior aumento e maior resolução.

•••  
O mesmo ponto observado  
com um aumento maior  
do microscópio de luz. Maior  
aumento sem melhorar a resolução.

Esquema exemplificando a diferença entre poder de aumento e poder de resolução.

O limite de resolução dos microscópios de luz é de cerca de 0,0002 mm. Não é possível construir microscópios de luz com desempenho melhor do que esse, pois o fator limitante é o comprimento de onda da luz.

Com o advento do microscópio eletrônico, o poder de resolução foi aumentado para cerca de 100 mil vezes em relação ao olho humano.



## 4. A teoria celular

Após os trabalhos de Hooke, outros cientistas interessaram-se pelo estudo microscópico dos seres vivos, desenvolvendo, assim, essa importante área da Biologia que é a Citologia.

Em 1838, dois pesquisadores alemães, **Matthias Schleiden** (1804-1881) e **Theodor Schwann** (1810-1882), formularam a teoria celular segundo a qual “todos os seres vivos são formados por células”. As células são, portanto, as unidades morfológicas e funcionais dos seres vivos. Schleiden

concentrou suas observações nas plantas, e Schwann, nos animais.

### TEORIA CELULAR

Todos os seres vivos são formados por células.

Atualmente sabe-se que os vírus são as únicas exceções a essa teoria, pois não são formados por células, porém dependem delas para sua reprodução.

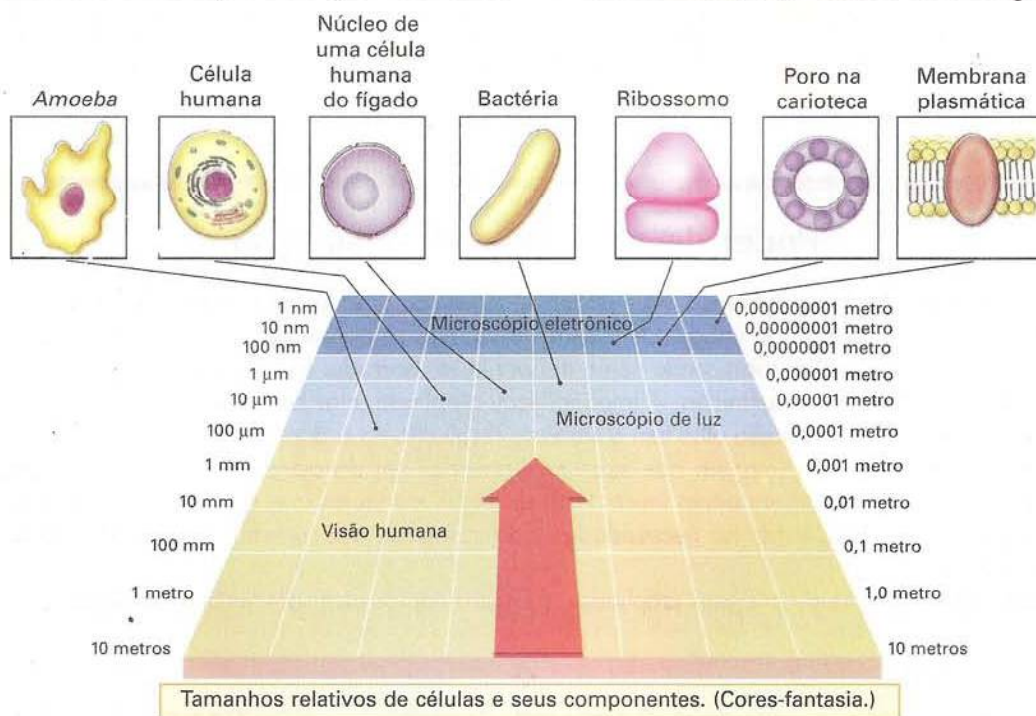
## 5. Medidas usadas no estudo das células

Sendo a célula pequena e as estruturas que ela contém menores ainda, há necessidade de se estabelecerem unidades de medida apropriadas.

O sistema mais utilizado para medidas é o métrico de acordo com o **Sistema Internacional de Unidades (SI)**. O metro é a unidade básica de comprimento e é em função dele que derivamos

as demais unidades de comprimento. As principais subdivisões do metro empregadas em Citologia são:

- milímetro (mm) = metro dividido por mil;
- micrômetro ( $\mu\text{m}$ ) = metro dividido por milhão;
- nanômetro (nm) = metro dividido por bilhão.



## 6. Como vamos estudar as células

Estudaremos as células da superfície para o interior delas, procurando, primeiramente, entender as estruturas que as delimitam, protegem e permitem trocas entre o meio intracelular (*intra* = dentro) e o extracelular (*extra* = fora), ou seja, vamos estudar as membranas e outros envoltórios celulares e os processos de troca entre as células e o meio.

Passaremos, depois, para o estudo do citoplasma, onde ocorrem outros importantes processos fisiológicos. Finalmente, estudaremos o núcleo, responsável pela coordenação da fisiologia celular e pelas divisões celulares.

Neste capítulo, iniciaremos o estudo dos envoltórios celulares.



## 7. Os envoltórios celulares

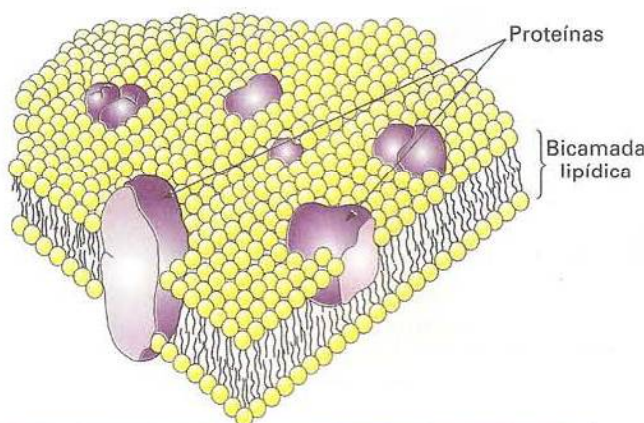
As células encontram-se individualizadas, separadas do meio pelos envoltórios. Estes devem ter características tais que, se por um lado isolam do meio externo o interior da célula, por outro propiciam trocas de substâncias com o meio. Sem trocar substâncias com o meio, a célula não pode se manter viva, pois precisa receber nutrientes e oxigênio e eliminar resíduos de seu metabolismo.

Vamos ver, então, quais são esses envoltórios.

### 7.1. Membrana plasmática

O envoltório celular presente em todos os tipos de células é a **membrana plasmática** (ou **plasmalema**, ou **membrana celular**, ou **membrana citoplasmática**). Essa membrana é lipoprotéica, constituída principalmente de fosfolipídios e proteínas.

O modelo de estrutura da membrana plasmática aceito atualmente foi proposto em 1972 pelos cientistas **S. J. Singer** e **G. Nicolson**, e denomina-se **modelo do mosaico fluido**.



Modelo do mosaico fluido da estrutura da membrana plasmática, conforme proposto inicialmente por Singer e Nicolson em 1972. (Cores-fantasia.)

Segundo esse modelo, existem duas camadas de fosfolipídios que formam um revestimento fluido, delimitando a célula. Por ter afinidade diferencial com a água, como discutimos no capítulo anterior, essas camadas formam uma película que isola a célula, impedindo a passagem de moléculas grandes ou de moléculas solúveis em água.

Isso significa que, se a célula fosse revestida somente por lipídios, seria completamente impermeável a moléculas importantes para sua sobrevivência, como açúcares, aminoácidos e proteínas, que são solúveis em água. Esse fato não acontece porque as moléculas de proteínas que ficam imersas na camada fluida de lipídios formam verdadeiras “portas” de passagem para essas substâncias. Através des-

as “portas”, entretanto, não passa tudo; há uma seleção do que pode ou não passar.

Esse conjunto de características estruturais e funcionais das camadas de lipídios e das proteínas imersas nelas confere à membrana plasmática o que se chama **permeabilidade seletiva**: a membrana é permeável, mas não a tudo.

Os tipos de proteínas das membranas celulares variam de célula para célula e determinam as funções específicas das membranas.

Na membrana plasmática das células animais, além dos fosfolipídios existe também o colesterol.

### 7.2. Envoltórios externos à membrana plasmática

A membrana plasmática é fluida e, como tal, trata-se de uma estrutura delicada. Ao longo da evolução dos seres vivos, surgiram na superfície das células modificações que trouxeram como vantagem maior resistência à membrana, sem interferir na sua permeabilidade. Esses envoltórios são, em geral, resistentes e permeáveis. Por serem vantajosas, essas modificações persistiram ao longo do tempo e estão presentes nas células de muitos organismos que vivem hoje em nosso planeta.

Esses envoltórios são:

- **glicocálix**, presente nas células animais e de muitos protistas;
- **parede celular**, presente na maioria das bactérias, nas cianobactérias, em alguns protistas, nos fungos e nas plantas.

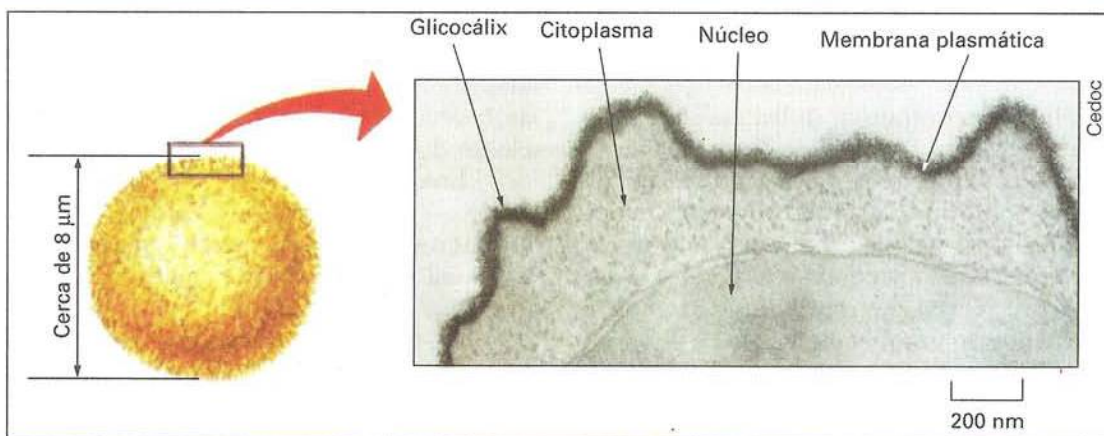
#### Glicocálix

O glicocálix (*glico*, do grego *glykys* = glicídio; *calix*, do latim *calyx* = envoltório) ocorre externamente à membrana plasmática da maioria das células animais e de muitos protistas. Ele é formado por uma camada frouxa de glicídios, associados aos lipídios e às proteínas da membrana.

Além de proporcionar resistência à membrana plasmática, o glicocálix possui outras funções:

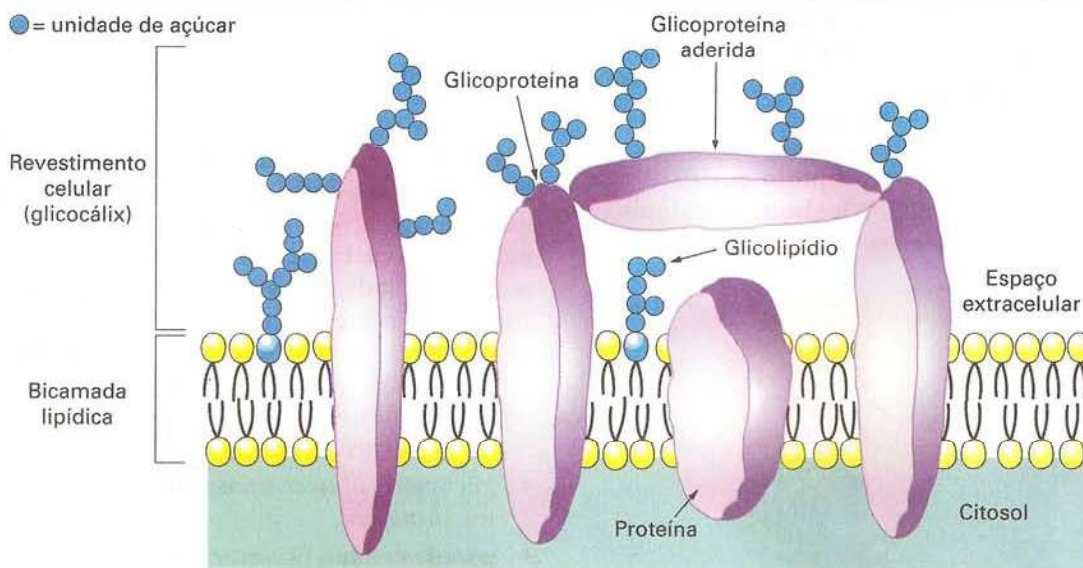
- constitui uma barreira contra agentes físicos e químicos do meio externo;
- confere às células a capacidade de se reconhecerem, uma vez que células diferentes têm glicocálix formado por glicídios diferentes e células iguais têm glicocálix formado por glicídios iguais;
- forma uma malha que retém nutrientes e enzimas ao redor das células, de modo a manter um meio externo adequado.





Esquema da superfície externa de um linfócito. (Cores-fantasia.)

Micrografia eletrônica de transmissão de um linfócito, mostrando parte do glicocálix, da membrana plasmática, do citoplasma e do núcleo.



Esquema simplificado de um setor da membrana plasmática de uma célula animal, mostrando o glicocálix. (Cores-fantasia.)

## Parede celular

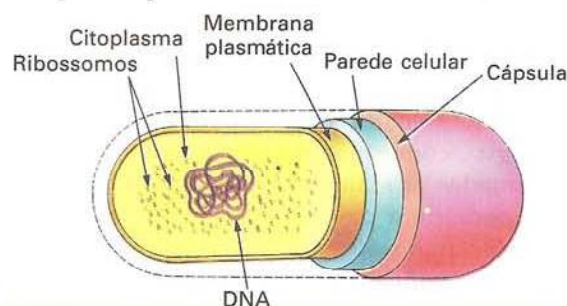
A parede celular é uma estrutura semi-rígida, o que não acontece com o glicocálix. Assim, as células que a possuem têm menor possibilidade de modificar sua forma.

A parede celular é, dentro de certos limites, uma estrutura permeável, não exercendo controle sobre as substâncias que penetram na célula ou que dela saem.

Nas bactérias e nas cianobactérias, a parede celular é formada basicamente por uma substância típica dos procariontes: o **peptidoglicano** (ou **peptoglicano**, ou **peptideoglicano**).

Em algumas bactérias existe, além da parede celular, outro envoltório externo: a **cápsula**. Essas bactérias são chamadas **capsuladas**. A espessura e a

composição química dessas cápsulas variam de espécie para espécie.



Esquema de bactéria, com parte da célula removida. Mede cerca de 2  $\mu\text{m}$  de comprimento. (Cores-fantasia.)

Entre os protistas, muitos possuem parede celular, sendo que a composição química varia nos diferentes grupos. Em geral a parede celular pode ser basicamente de **sílica** ou de **celulose**.



A maioria dos fungos apresenta parede celular constituída basicamente por **quitina**, encontrando-se também celulose em alguns grupos.

Nas plantas, a parede celular é formada principalmente por celulose e, por isso, é também conhecida como membrana celulósica.

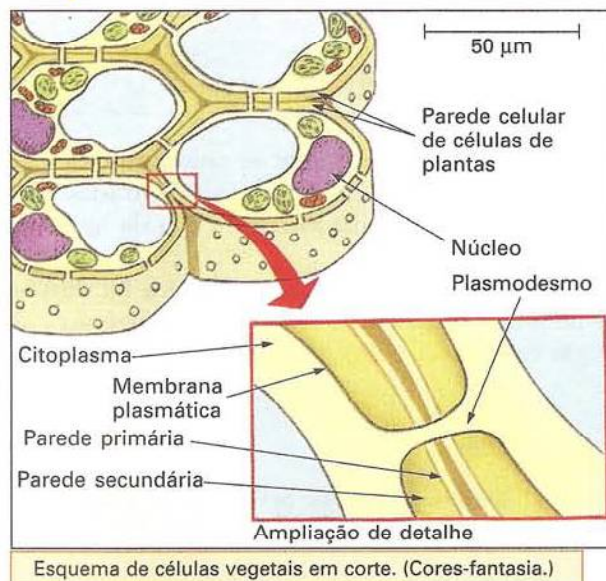
Em uma célula vegetal jovem, a parede celular é muito fina e chama-se **parede celular primária**. Todo o espaço delimitado por essa parede primária denomina-se **lúmen celular** e é ocupado pelo **protoplasma**, a parte viva da célula, que compreende a membrana plasmática, o citoplasma e o núcleo.

Na célula adulta, a parede celular pode apresentar espessamentos, devido a novos depósitos de materiais, e recebe o nome de **parede celular secundária**. Como essa parede é formada pela deposição de material por dentro, o lúmen celular fica reduzido.

Compostos como a lignina e a suberina também ocorrem na parede celular, dando-lhe maior resistência ainda.

É característico das células vegetais a presença de pontos de contato entre células vizinhas, onde

não há deposição de celulose. Através dessas pontes citoplasmáticas, denominadas **plasmodesmos**, há intercâmbio de material entre as células.



## 8. Processos de troca entre a célula e o meio externo

Os processos de troca entre a célula e o meio externo podem ser agrupados em três categorias:

- **Processos passivos** — ocorrem sem gasto de energia: difusão, difusão facilitada e osmose.
- **Processos ativos** — ocorrem com gasto de energia: bomba de sódio e potássio.
- **Processos mediados por vesículas** — ocorrem quando vesículas são utilizadas para a entrada de

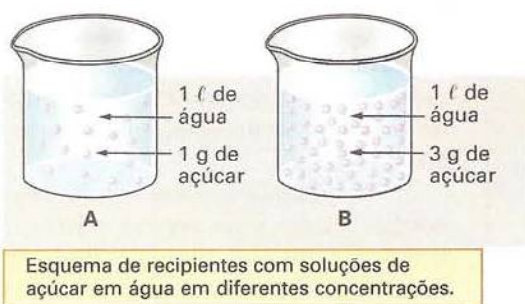
partículas ou microrganismos na célula, ou para a eliminação de substâncias da célula. O processo de entrada chama-se **endocitose** e o de saída, **exocitose**.

Para podermos entender esses mecanismos de troca, precisamos ter um pouco de noção a respeito de **concentração** de uma solução. Vamos, então, falar brevemente sobre isso.

## 9. Concentração de uma solução

Moléculas dissolvidas em água ou em qualquer outro líquido formam uma solução. As moléculas dissolvidas recebem o nome de **soluto** (por exemplo: açúcares, íons, aminoácidos) e o líquido recebe o nome de **solvente** (por exemplo: água).

A quantidade de soluto dissolvida em uma quantidade de solvente nos dá um valor que chamamos de **concentração** da solução. A concentração de uma solução é tanto maior quanto mais soluto estiver dissolvido em uma mesma quantidade de solvente. Observe o esquema a seguir.



Nesse exemplo, a quantidade de açúcar (soluto) dissolvida em 1 litro de água (solvente) é menor no frasco A. Assim, a concentração da solução A é menor que a concentração da solução B.

### CONCENTRAÇÃO DE UMA SOLUÇÃO

Quantidade de soluto dissolvida por unidade do solvente.