

Aula 14 de abril de 2023

PROPRIEDADES DA MEMBRANA CELULAR

A constituição da membrana celular é lipídica o que confere à membrana PERMEABILIDADE SELETIVA.

A membrana apresenta também proteínas na camada bilipídica que funcionam como **canais iônicos específicos**, permitindo a passagem de íons sem gasto de energia, por **difusão** e **bombas** que movimentam íons com gasto energético.

MEMBRANA PLASMÁTICA

CONSTITUIÇÃO BÁSICA:
FOSFOLIPÍDICA (barreira lipofílica/hidrofóbica) e **PROTEICA** (presença de canais e bombas/transportadores)

QUAIS SÃO AS PRINCIPAIS PROPRIEDADES?

Permite passagem de moléculas hidrofílicas/íons? **SOMENTE PELOS CANAIS OU PELA AÇÃO DAS BOMBAS.**

REVEJAM – O Modelo do Mosaico Fluido

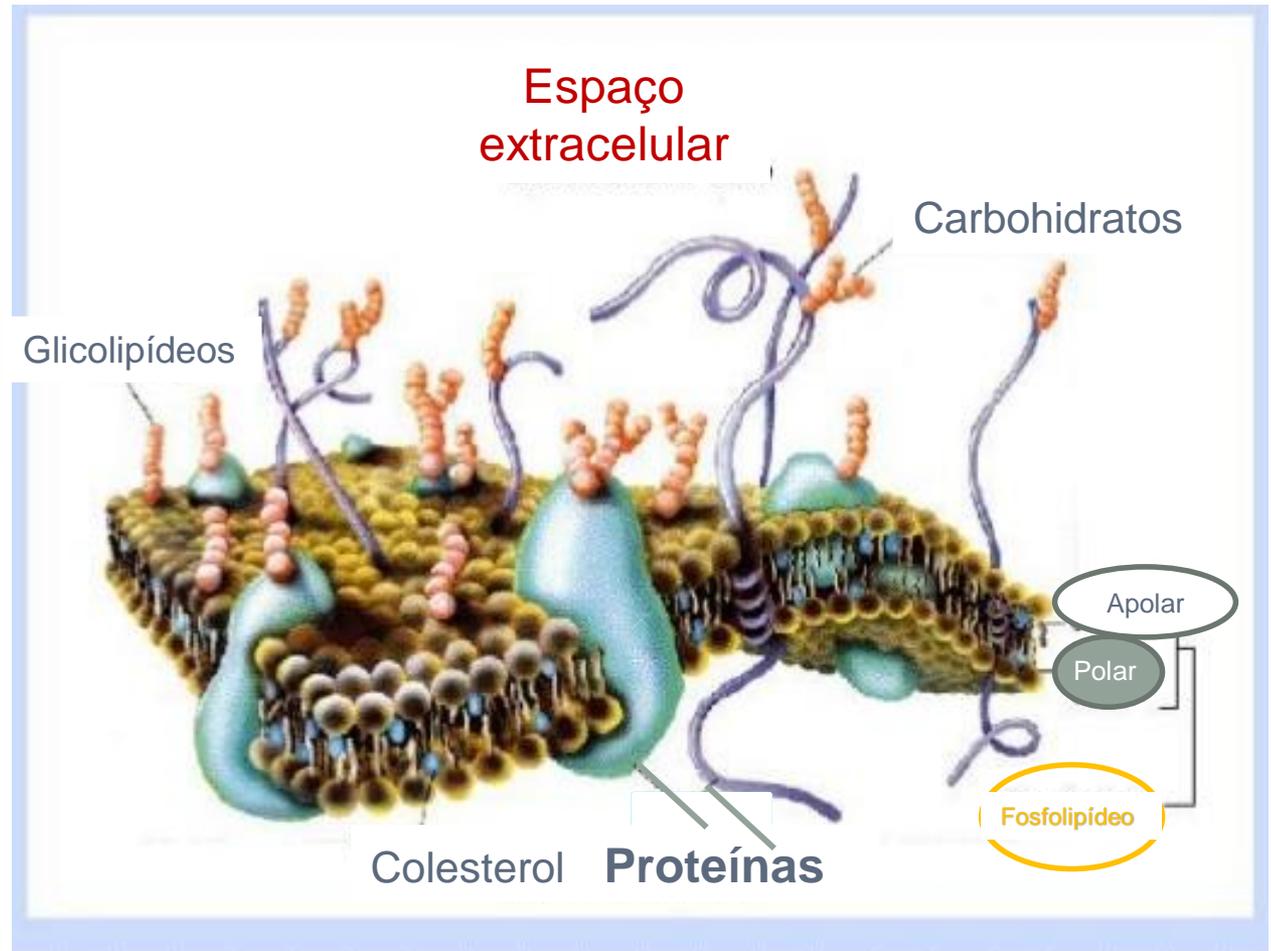


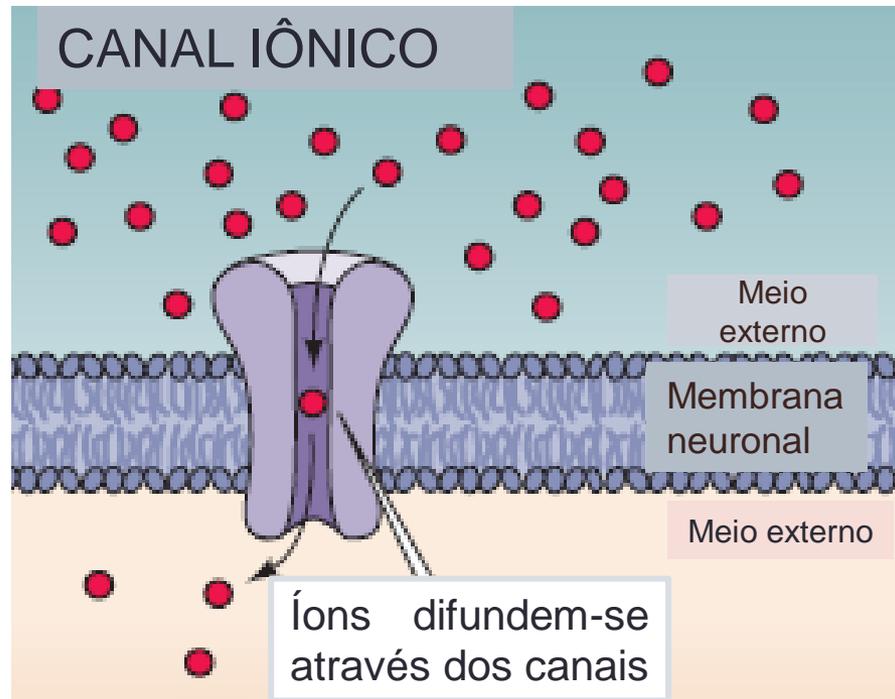
Ilustração: <https://www.slideshare.net/drnaveent/nerve-physiology>

Propriedades das membranas celulares

- ❖ A **permeabilidade é seletiva** porque:
- ❖ Basicamente os fosfolipídios das membranas não permitem a passagem de espécies químicas hidrofílicas (íons ou moléculas);
- ❖ A presença de **proteínas (canais iônicos e transportadores/ bombas iônicas)** na membrana celular é o que que permite a **entrada/ saída de íons** e possibilita a geração e manutenção de gradientes químicos, responsáveis pelo potencial de membrana.

Proteínas da membrana

Canais iônicos



Permite a difusão de íons de acordo com o gradiente de concentração
Torna as membranas seletivas quanto à permeabilidade

CANAIS IÔNICOS NAS MEMBRANAS CELULARES: TIPOS

Os canais iônicos podem ser divididos do **ponto de vista funcional** em três tipos:

- ❖ canais permanentemente **abertos**,
- ❖ canais **dependentes de voltagem** que se abrem quando o potencial da membrana se modifica (há um sinal elétrico),
- ❖ canais **dependentes de substâncias químicas** (há um sinal químico) que apresentam sítios de ligação específicos e que se abrem em resposta à interação com neurotransmissores.

A SELETIVIDADE DA MEMBRANA É EXPRESSA PELA PERMEABILIDADE

A membrana é seletiva para moléculas e íons vitais como a água, a glicose, o glicerol, o oxigênio, o gás carbônico e amino ácidos, entre outros. Toda molécula/íon e toda substância é definida por seu **coeficiente de permeabilidade** e de **difusão** nos meios corpóreos.

No próximo slide estão alguns exemplos desses valores.

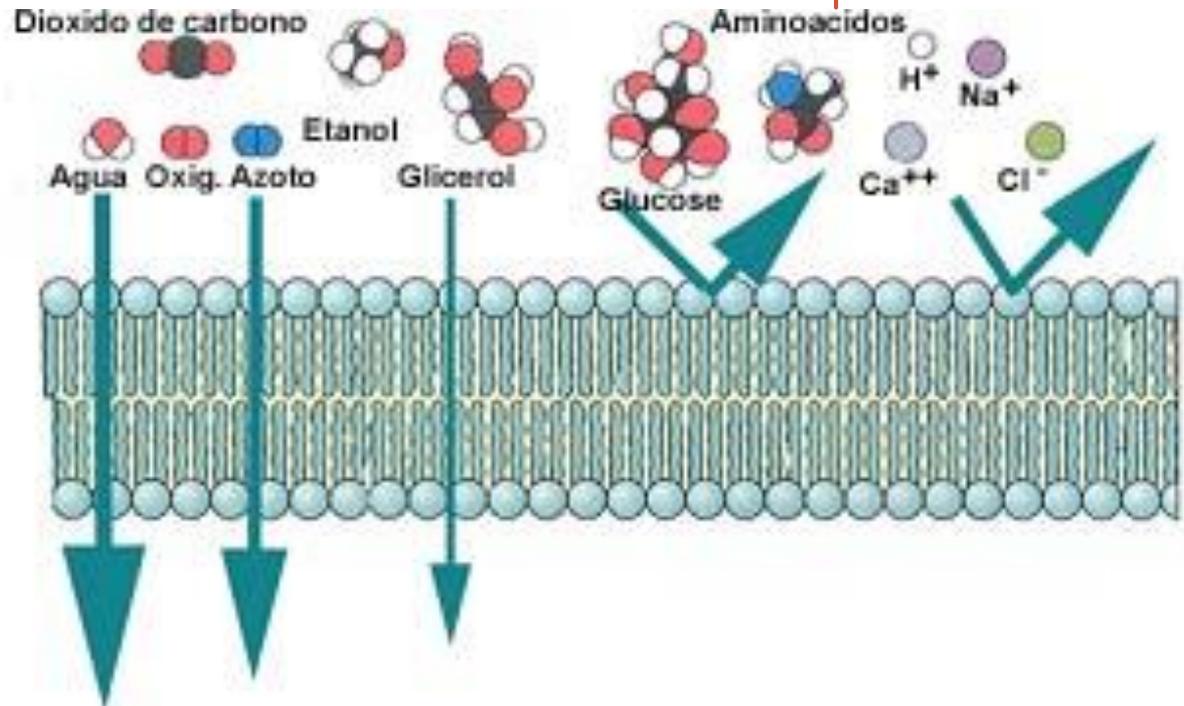
Permeabilidade da membrana celular

As flechas de diferentes tamanhos e grossuras indicam maior ou menor permeabilidade relativa das espécies químicas representadas na figura. Quanto mais fluida a membrana - quanto menor o grau de saturação da cadeia alifática dos fosfolipídios da membrana - maior o grau de permeabilidade à água.

A osmose depende da permeabilidade à água da membrana.

A presença de canais de água, as **aquaporinas**, torna a membrana mais permeável à água, em termos relativos.

Moléculas e íons com baixa permeabilidade em comparação à água, ao oxigênio, ao nitrogênio ao gás carbono, ao etanol e ao glicerol



O **coeficiente de permeabilidade** da água na membrana celular varia entre 3×10^{-4} to 7×10^{-5} m/s, e o **coeficiente de difusão** da água é entre 8×10^{-16} to 2×10^{-14} m²/s (J. Theoretical Biol. 7 (3), 1964: 504-531, DAT Dick). Esses coeficientes são característicos de diferentes íons e moléculas.

A PERMEABILIDADE DAS MEMBRANAS CELULARES VARIA EM DIFERENTES TECIDOS

No tecido nervoso existe a **barreira hematoencefálica** que adiciona um grau extra de seletividade com relação ao que sai dos capilares para os neurônios e glia.

CANAIS IMPORTANTES PARA O POTENCIAL DE MEMBRANA

Existem **canais de POTÁSSIO** que **estão permanentemente abertos** em todas as células vivas e permitem a entrada e saída de íons K^+ através da membrana plasmática.

Como vimos no exercício feito em aula a presença desses canais permite que íons K^+ estabeleçam uma situação de equilíbrio chamada de **potencial de equilíbrio do K^+** , trazendo a membrana para uma diferença de potencial ao redor de $(-)$ 70 mv, para a células de animais.

POTENCIAL DE REPOUSO (MEMBRANA)

Quais os valores das **concentrações iônicas** dentro e fora da célula?

Concentrações dos íons intra e extracelulares em neurônios

Observem que os íons potássio predominam dentro das células e os íons sódio e cloro fora das células. Na tabela estão os exemplos em Mollusca e em Mammalia, evidenciando um fenômeno de natureza universal. Embora os valores não sejam idênticos a relação entre as concentrações fora e dentro são semelhantes (por exemplo, 20x e 24x para o potássio)

Extracellular and Intracellular Ion Concentrations

Ion	Concentration (mM)		
	Intracelular	Extracelular	
Neurônio de lula			
Potassium (K^+)	400	20	20 x
Sodium (Na^+)	50	440	9x
Chloride (Cl^-)	40-150	560	
Calcium (Ca^{2+})	0.0001	10	
Neurônio de mamífero			
Potassium (K^+)	140	5	24 x
Sodium (Na^+)	5-15	145	9x
Chloride (Cl^-)	4-30	110	
Calcium (Ca^{2+})	0.0001	1-2	

Fonte: Neuroscience (Purves et al)

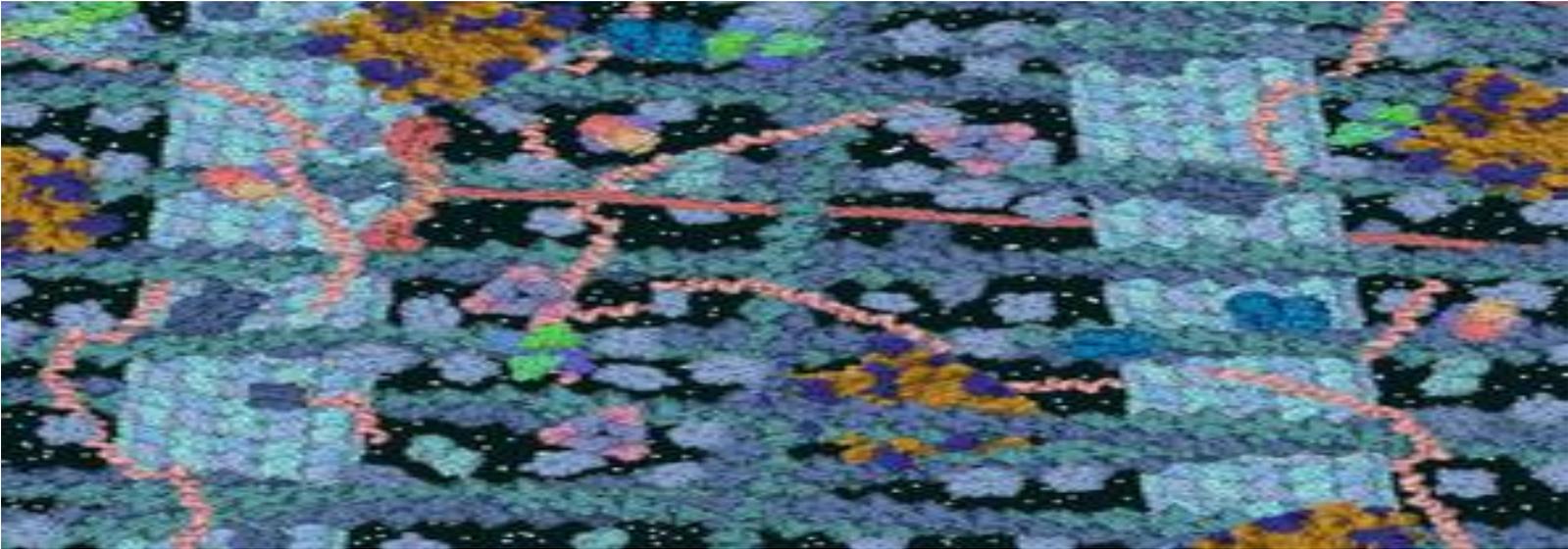
E os ânions intracelulares?

QUAL FATOR FALTA A SER APRESENTADO?

Quais os principais ânions intracelulares?

POR QUE É IMPORTANTE A PRESENÇA DE PROTEÍNAS INTRACELULARES PARA O POTENCIAL DE MEMBRANA

As proteínas intracelulares são os mais importantes ânions intracelulares (o que não é mostrado na tabela). Atraem cátions para o meio interno. Como a permeabilidade da membrana é seletiva (não há canais abertos para o sódio) somente é permitida a entrada de K^+ , o que cria um gradiente de concentração para o potássio entre o meio interno e externo, com a maior concentração de K^+ intracelularmente.



A quantidade de proteínas nas células é alta, aproximadamente 200 mg/ml em mamíferos. As proteínas ocupam de 20 a 30% do volume do citosol. Em termos de amino ácidos este valor corresponde a uma concentração de 138 mM no citosol, comparada ao valor de 9 mM encontrado no sangue.

A maioria das proteínas e amino ácidos no citosol estão com a carboxila terminal na forma ácida (COOH^-), portanto, os principais anions do citosol são de natureza proteica.

Ellis RJ (2001). Macromolecular crowding: obvious but underappreciated. *Trends Biochem. Sci.* **26** (10): 597–604

Lodish (1999) *Molecular cell biology*. New York: Scientific American Books

CONCENTRAÇÕES IÔNICAS DENTRO E FORA DAS CÉLULAS

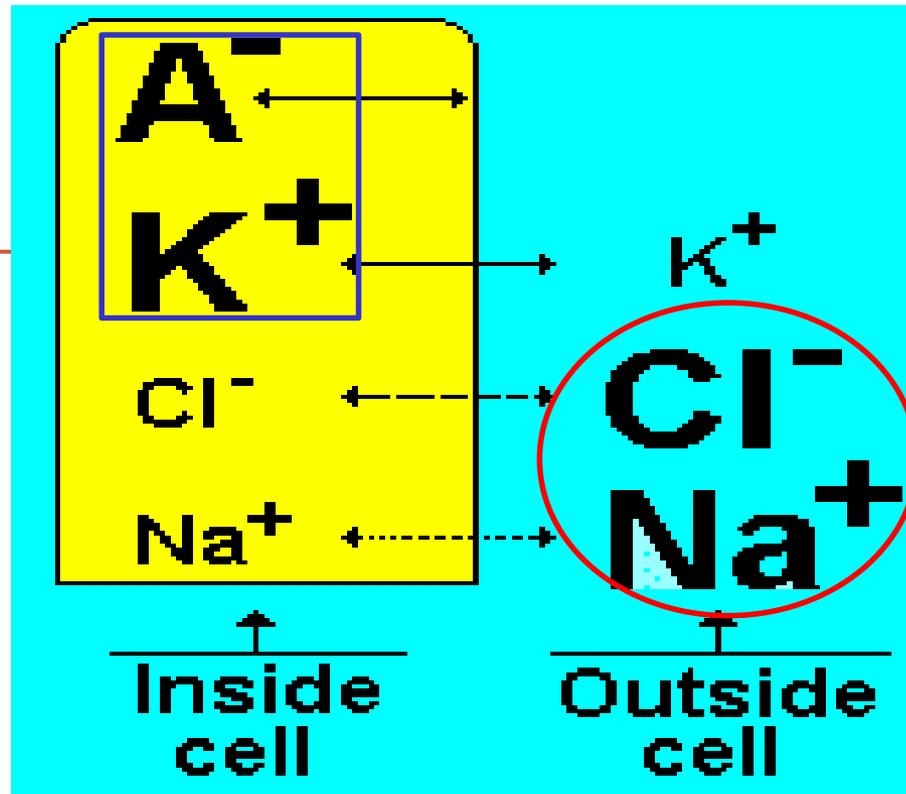
- A maior concentração de K^+ dentro das células neutraliza os ânions proteicos que estão permanentemente retidos no meio interno, assegura a condição de **neutralidade** elétrica com relação ao conjunto de íons. A soma de todos os cátions e ânions é igual tanto no ambiente intracelular como no extracelular (dado não mostrado na tabela). Assim, o potássio e ânions proteicos predominam no meio interno e o cloreto de sódio no externo.

LEMBRE-SE: O potencial de membrana é **um fenômeno de membrana**.

RESUMINDO ...

REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DAS CONCENTRAÇÕES INTRA E EXTRACELULARES DOS PRINCIPAIS ÍONS ENVOLVIDOS COM O POTENCIAL DE MEMBRANA

No meio interno o **POTÁSSIO** é o principal cátion, neutralizando os **ÂNIONS** proteicos.



O principal cátion extracelular é o SÓDIO e o ânion é o CLORETO. Por isso uma solução de Cloreto de Sódio pode se usada para repor/ substituir o meio externo.

A presença de canais abertos para íons K^+

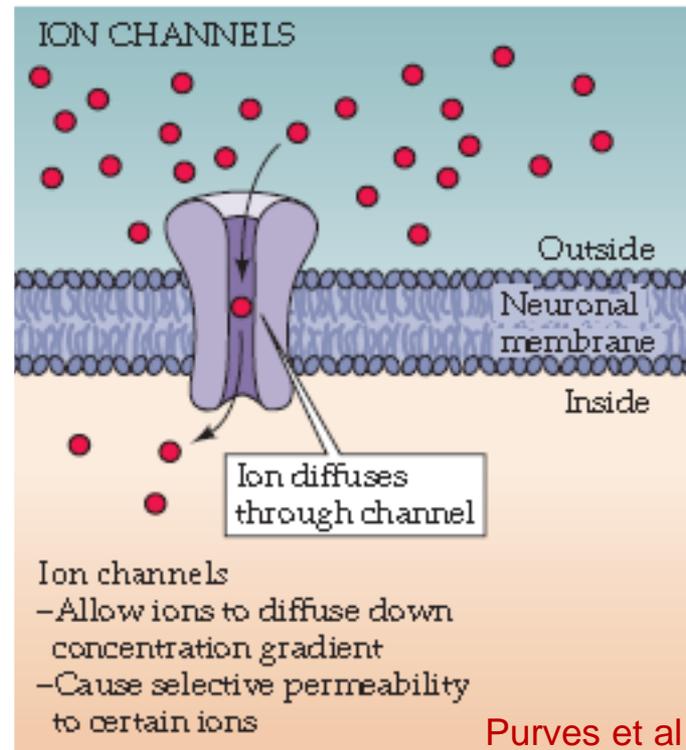
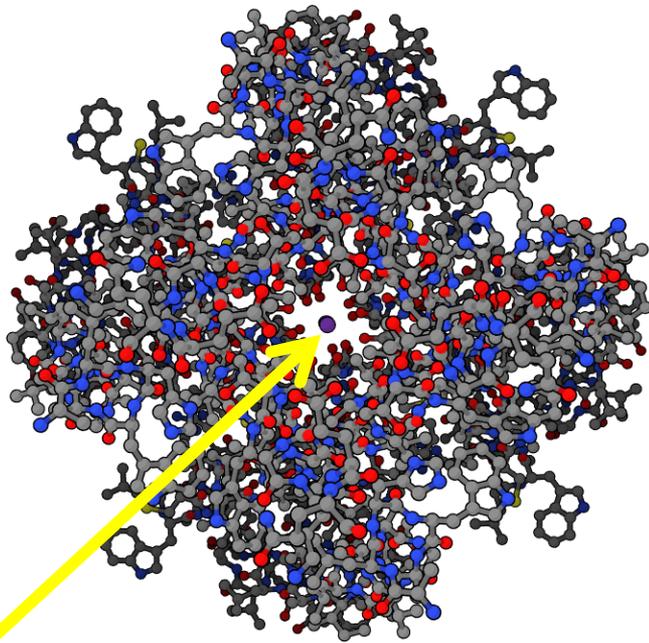
Como são os canais de potássio?

Hoje é possível identifica-los com anticorpos específicos marcados e por técnicas de genética. Lembrar que contribuem para que os íons potássio entrem e saiam dentro das células, além de se distribuir de maneira que a concentração de K^+ é **maior dentro** das células do que no meio extracelular.

Lembrar que o K^+ é o principal cátion intracelular



Canais iônicos da membrana que permitem movimentação de íons potássio por difusão entre meio externo e interno



Canal de potássio das membranas celulares visto do meio extracelular, com um íon K^+ apontado pela flecha

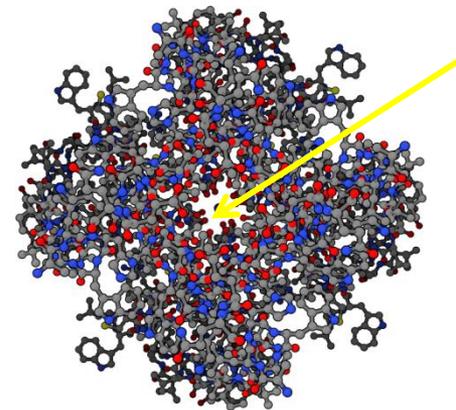
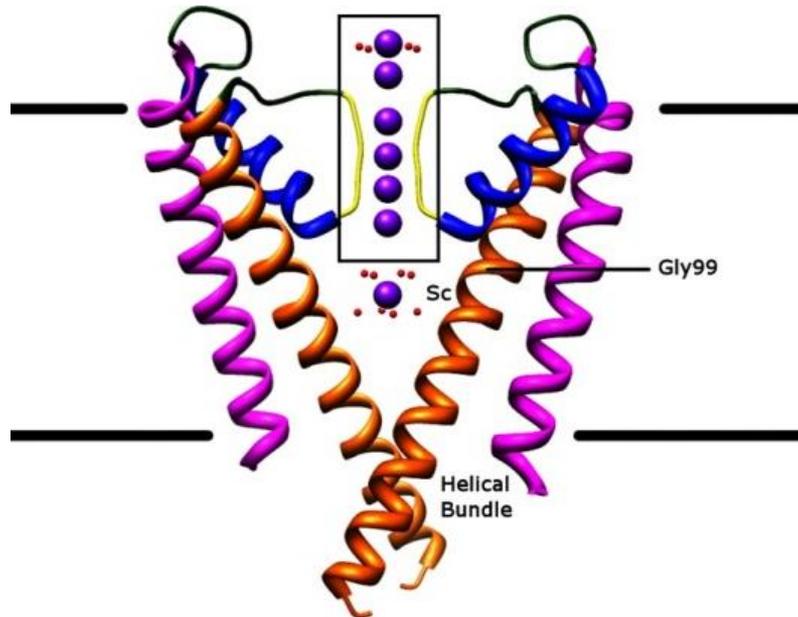
CANAIS DE K⁺ E O POTENCIAL DE REPOUSO

No lado esquerdo:

Canal de potássio (K) no plano da membrana celular, os íons potássio (esferas roxas) acompanhados de água (esferas pequenas em vermelho, **a representação está mal feita**), meio extracelular (linha superior) e meio intracelular (linha inferior) .

No lado direito:

um íon potássio (seta amarela) entrando pelo canal, vista transversal, evidenciando a complexa estrutura do receptor (Figuras de Purves et al).



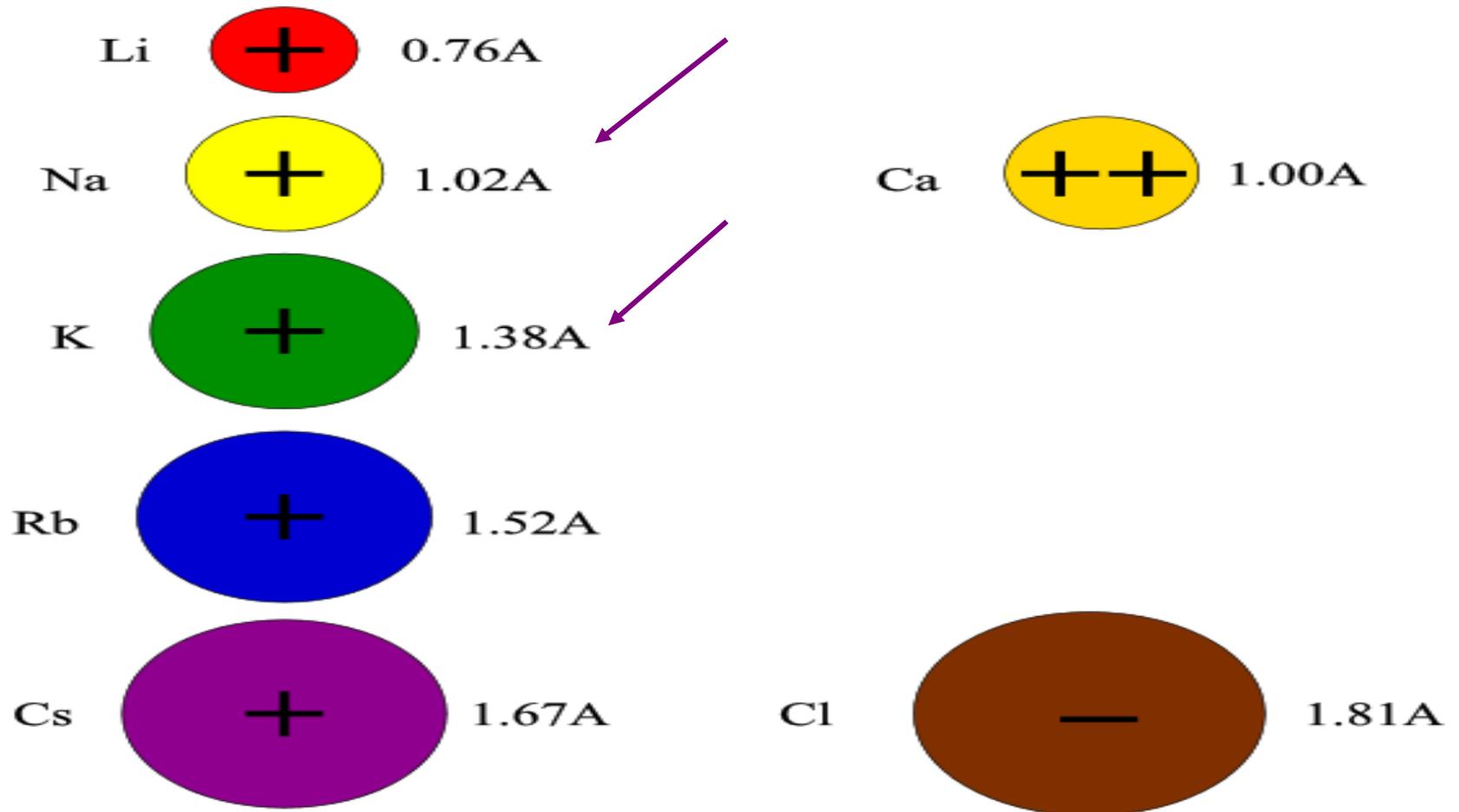
A MEMBRANA SEMIPERMEÁVEL

Os canais sempre abertos – os canais de potássio - são seletivos a que? Tamanho dos íons, carga, outras características físicoquímicas?

Se o tamanho for importante ...

HÁ VARIAÇÃO ENTRE O DIÂMETRO DOS ÍONS PRESENTES NOS MEIOS INTRACELULARES E EXTRACELULARES?

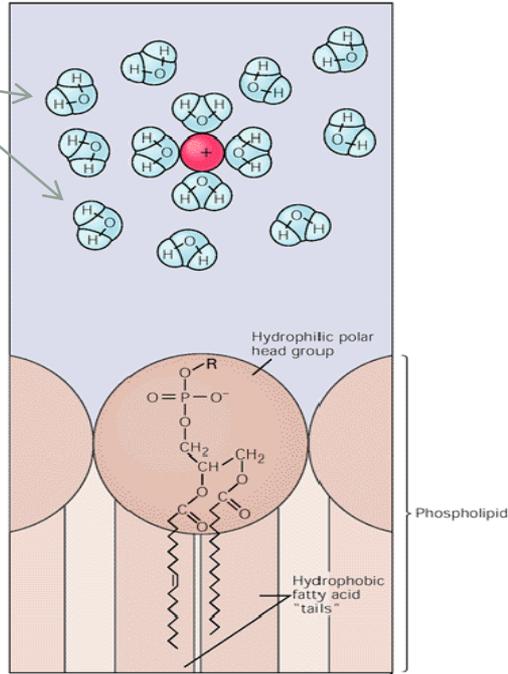
O DIÂMETRO DE ELEMENTOS DA TABELA PERIÓDICA AS SETAS APONTAM PARA O SÓDIO E O POTÁSSIO DA FAMÍLIA DOS METAIS ALCALINOS



Å = 10^{-10} m ou 0,1 nanômetro

... MAS, A CAMADA DE SOLFATAÇÃO VARIA INVERSAMENTE
COM O DIÂMETRO DO ÍON, PORTANTO

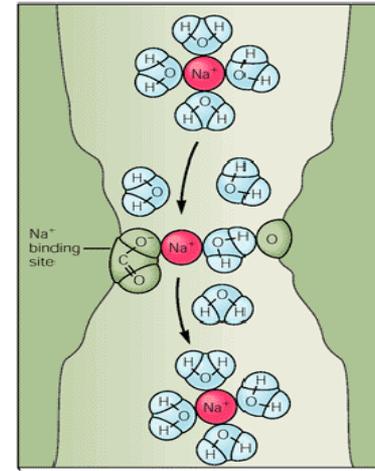
Dipolos de água



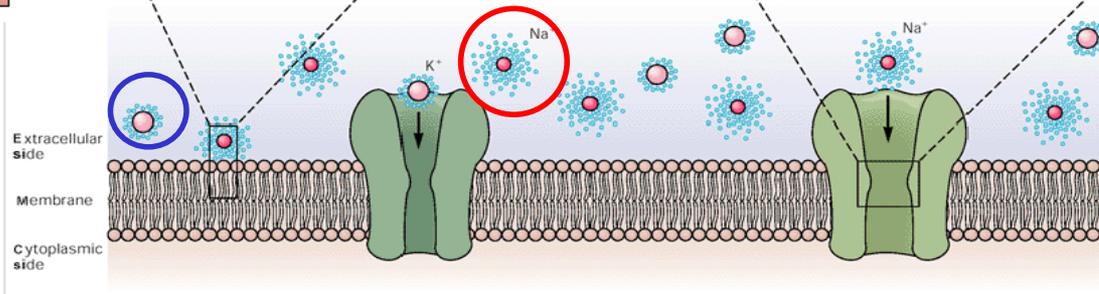
Membrana impermeável*

* hidrofóbica

Íons **sódio** em **vermelho**
Íons **potássio** em **azul**



Canal seletivo



A camada de solfatação do **sódio** é maior do que a de **potássio** - desenho retirado de Purves et al (uma representação adequada).

A AUSÊNCIA DE CANAIS ABERTOS PARA ÍONS Na^+

Contribui para que os íons sódio não entrem de maneira significativa no interior da célula e se distribuam de maneira que a **concentração de Na^+** é **maior fora** das células do que no meio extracelular.

UMA CURIOSIDADE

Salário

Salzburgo

O que essas palavras tem a ver com o SAL?

E o meu **salário**?
Quero meu emprego de volta, sem terceirização!



Sugestão de leitura https://pt.wikipedia.org/wiki/Hist%C3%B3ria_do_sal

POR QUE UMA SOLUÇÃO SALINA DE CLORETO DE SÓDIO PODE SER USADA COMO SUBSTITUTA BÁSICA DO MEIO EXTRACELULAR (*)?

A importância do sódio na dieta dos animais, inclusive dos humanos, e a origem da palavra “**SALÁRIO**”

(*)Uma dica para lembrarmos que o meio extracelular é rico em sódio e assemelha-se, na sua constituição básica, a uma solução de cloreto de sódio (350mM) e ao redor de 0,9%.