



EACH | campus capital
USP
LESTE
Escola de Artes, Ciências e Humanidades
Universidade de São Paulo

Biotecnologia **ACH5533 – Fisiologia Humana I**

2º Semestre 2022

Docentes responsáveis:

Felipe Chambergo (fscha@usp.br) - <https://sites.usp.br/lbbp>

Viviane Abreu Nunes (vanunes@ib.usp.br) - <https://sites.usp.br/lafipebio/>

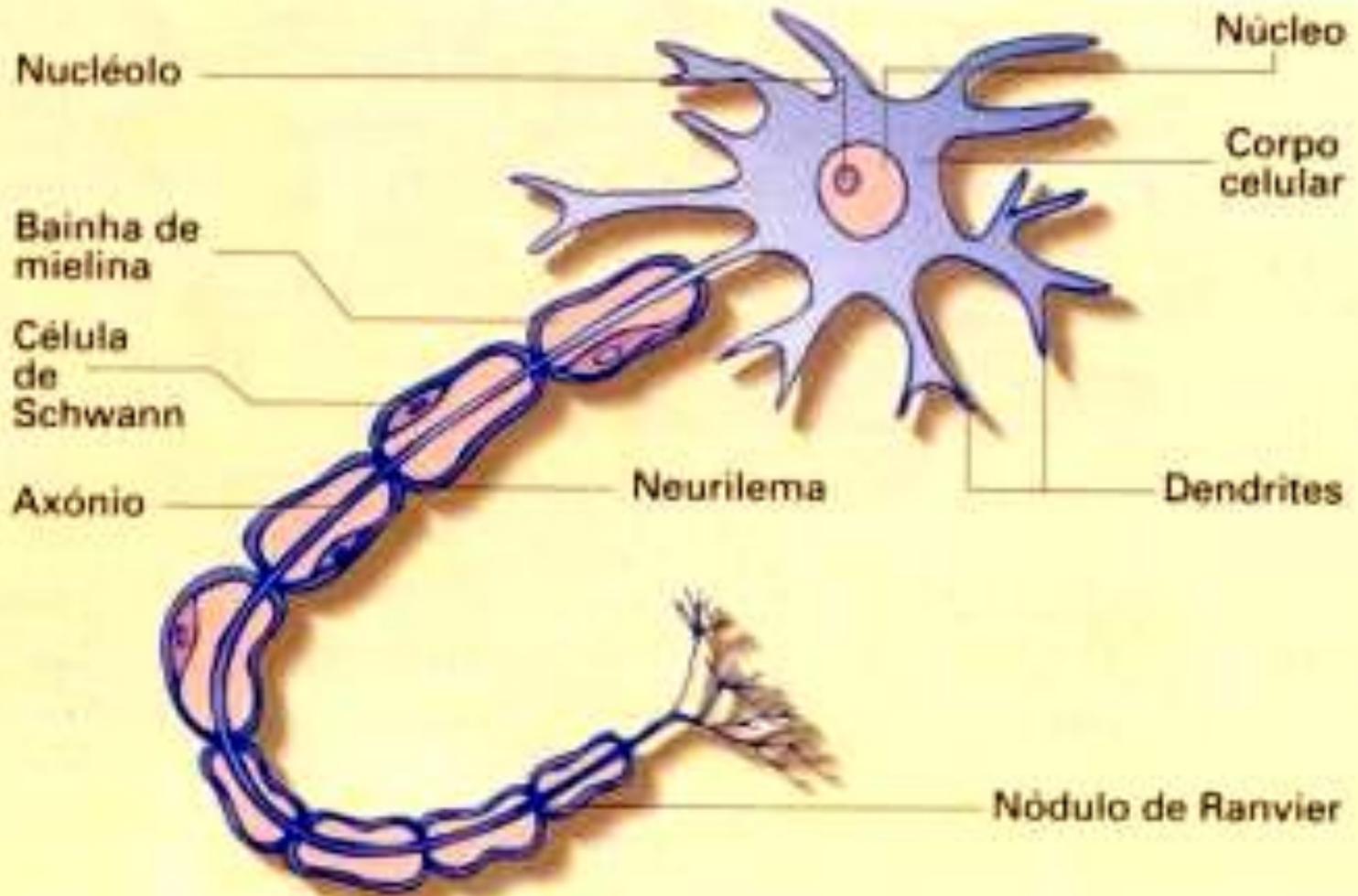
Créditos: 4

Período: Quarta-feira, 14:00 às 18:00 h

Local: sala 102, edifício I1

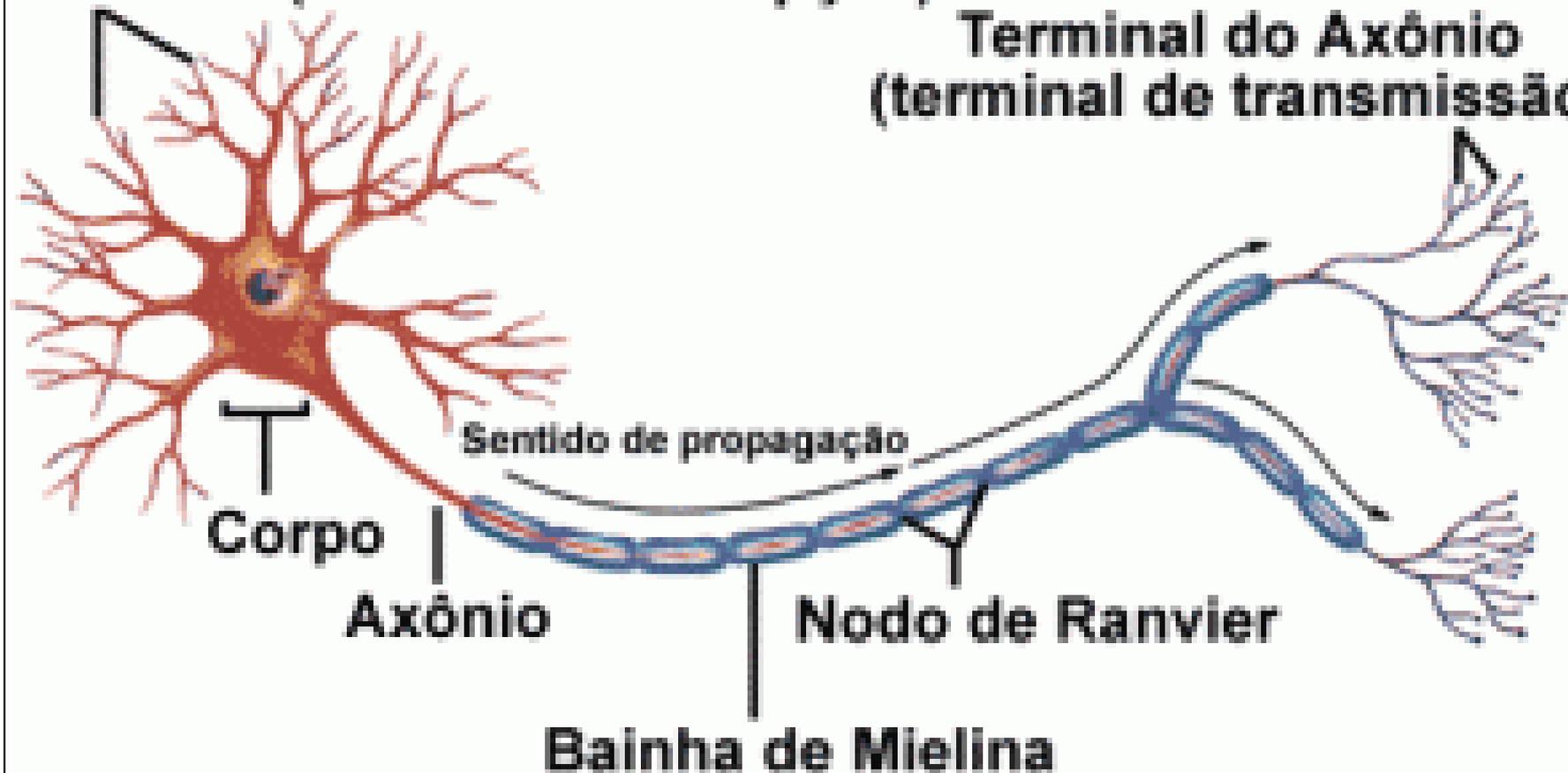
Impulso Nervoso

Neurônio



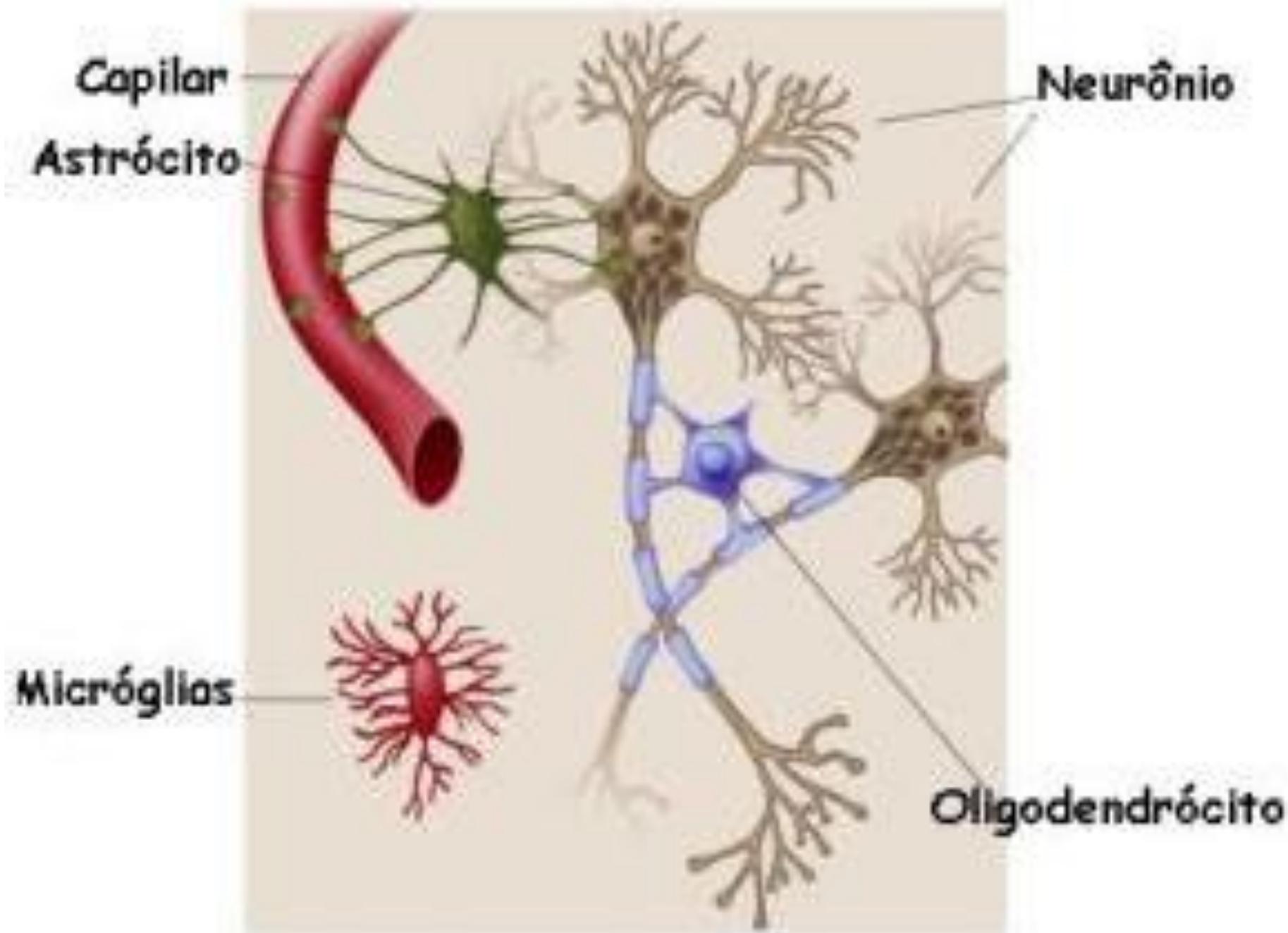
Dentritos (terminal de recepção)

**Terminal do Axônio
(terminal de transmissão)**



- **Oligodendrócitos:** são responsáveis pela produção da bainha de mielina (função de isolante elétrico para os neurônios do SNC)
- **Astrócitos:** dispõem-se ao longo dos capilares sanguíneos do encéfalo, controlando a passagem de substâncias do sangue para as células do sistema nervoso
- **Micróglia:** células pequenas e alongadas, com prolongamentos curtos e irregulares





Como os neurônios se comunicam?

A comunicação dos neurônios envolve fenômenos de natureza elétrica e química

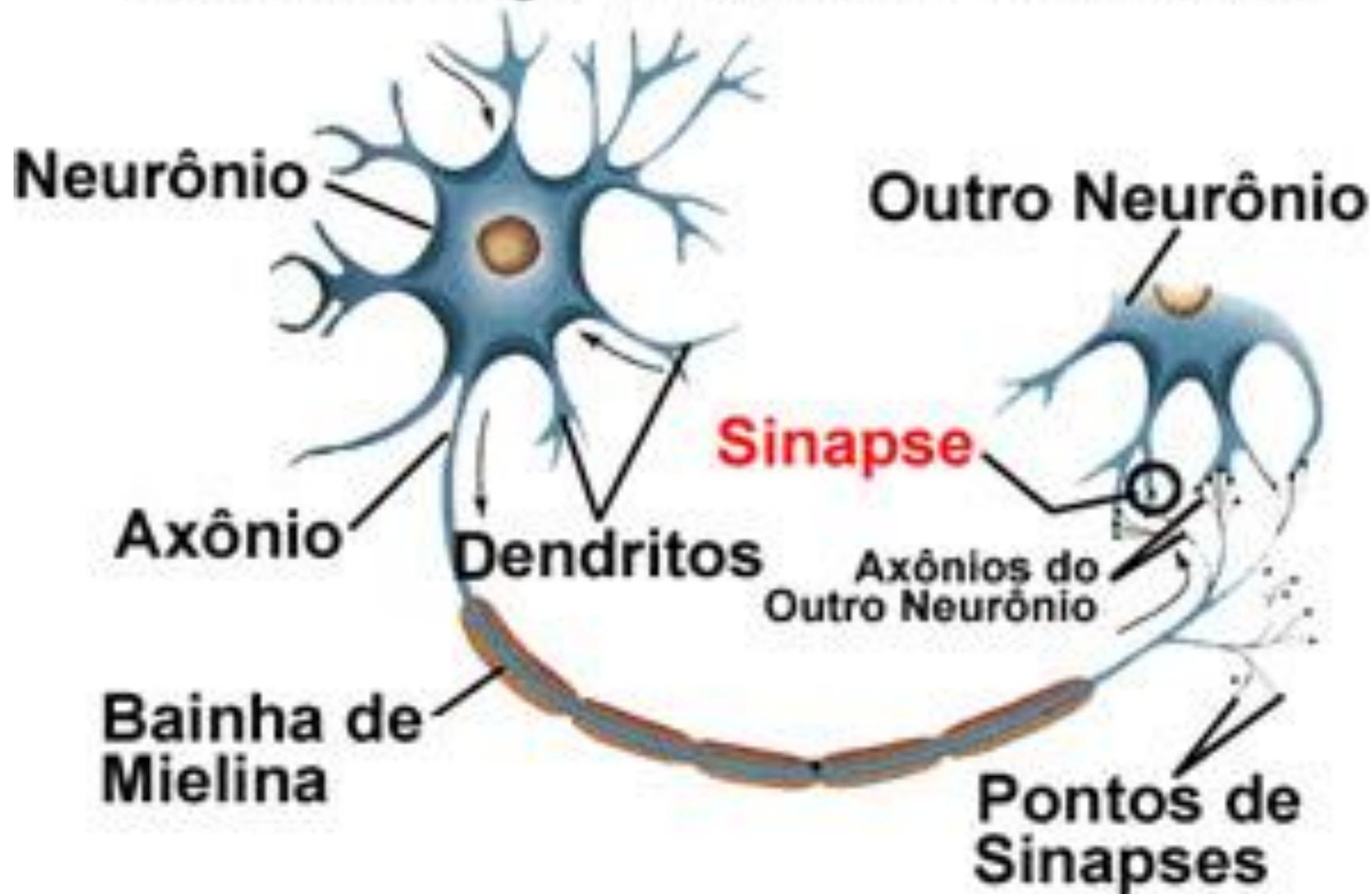
Fenômenos de
natureza elétrica

Impulsos: transportados pela membrana da
célula nervosa

Fenômenos de natureza química

Neurotransmissores: mensageiros químicos que participam da comunicação interna no organismo

COMUNICAÇÃO ENTRE NEURÔNIOS



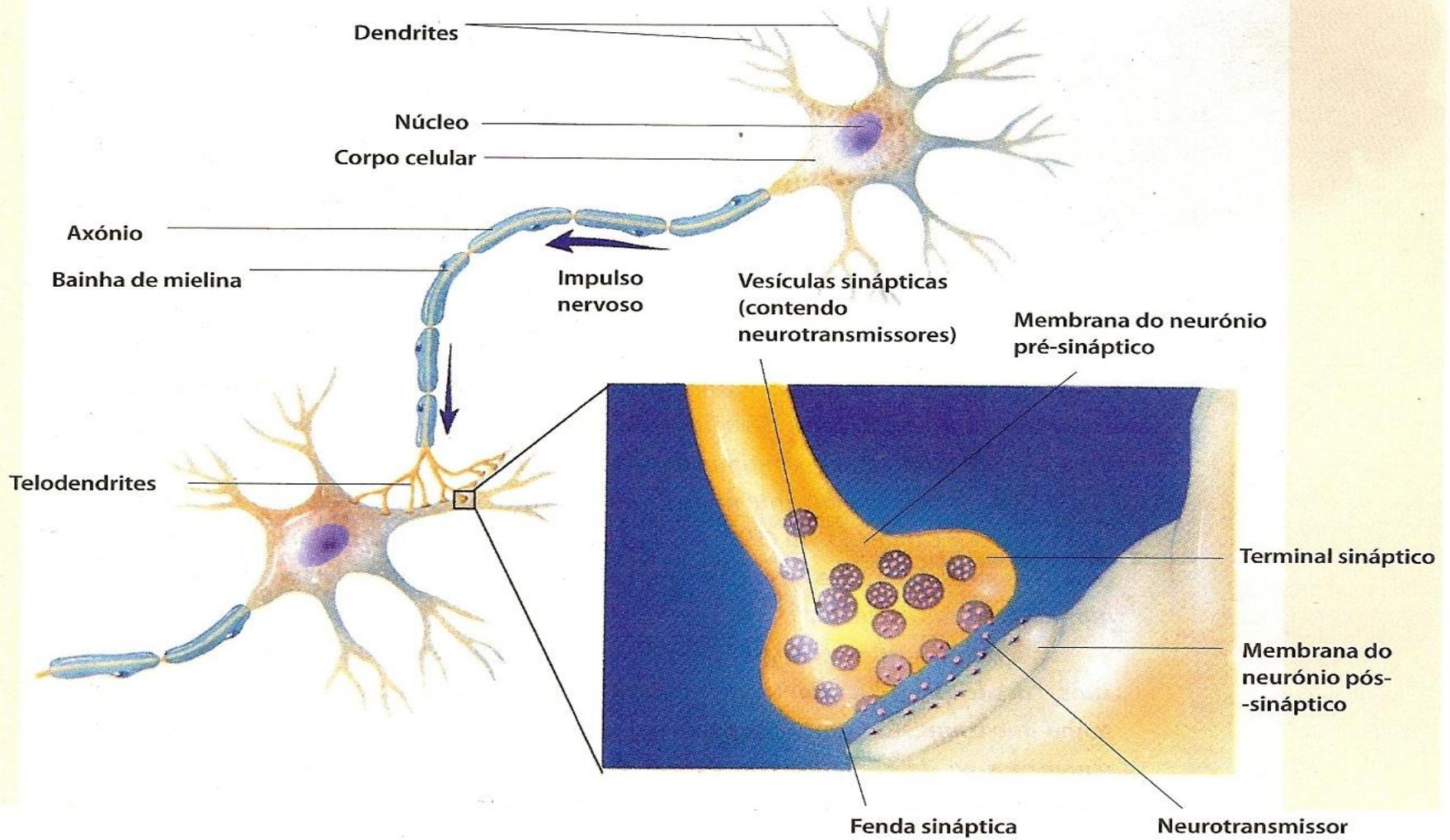
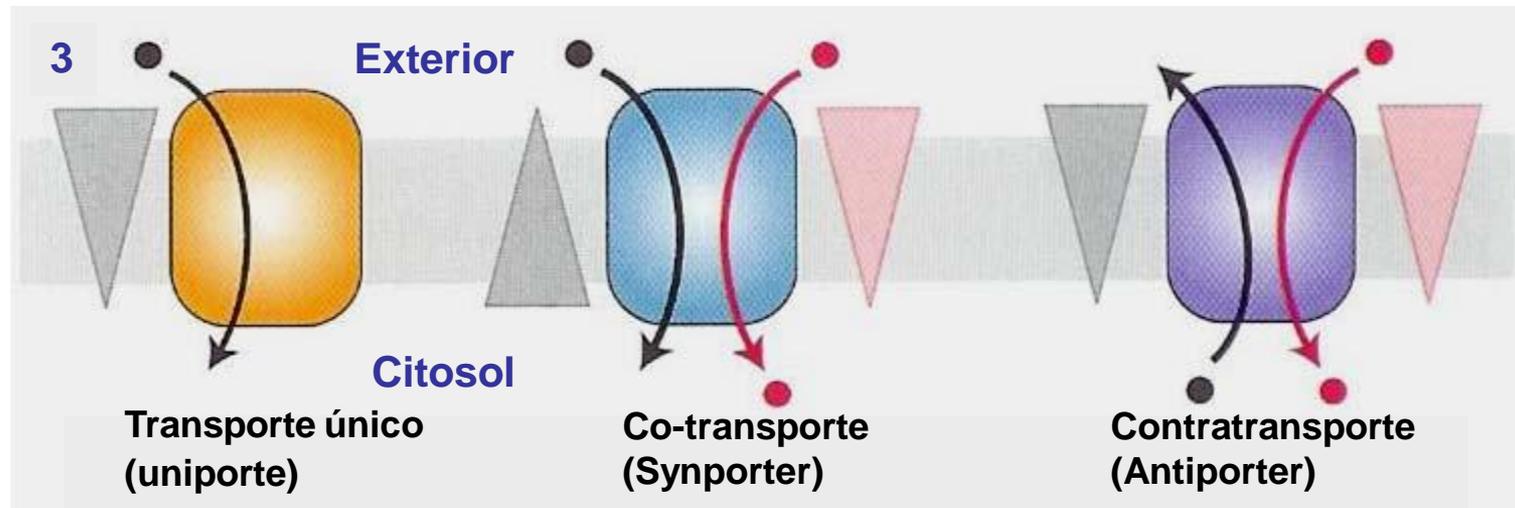
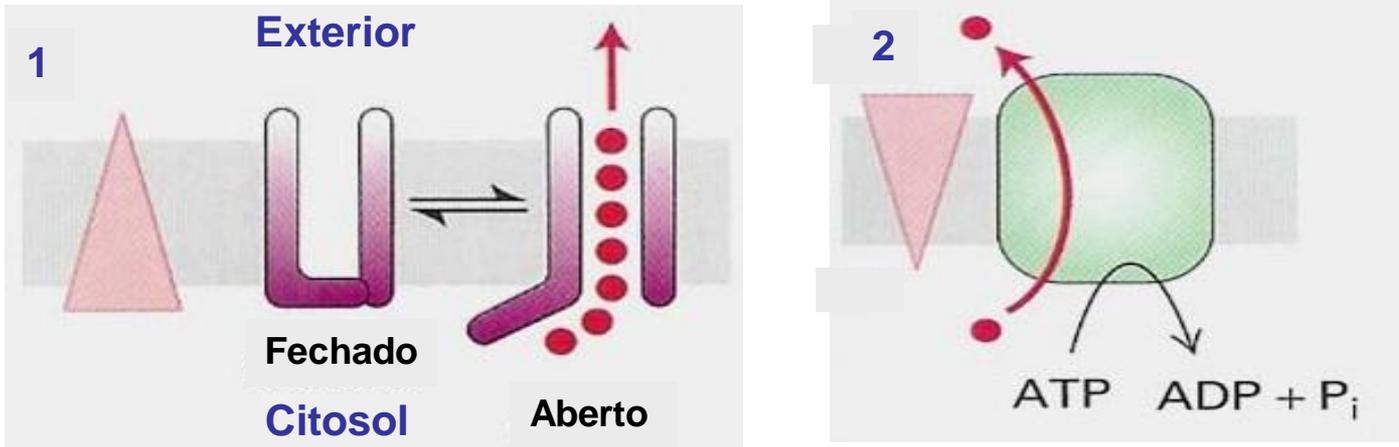


Diagrama de um nervo, mostrando a sinapse, as membranas pré e pós-sinápticas e a acção dos neurotransmissores na comunicação da informação.

Proteínas Transportadoras de membrana



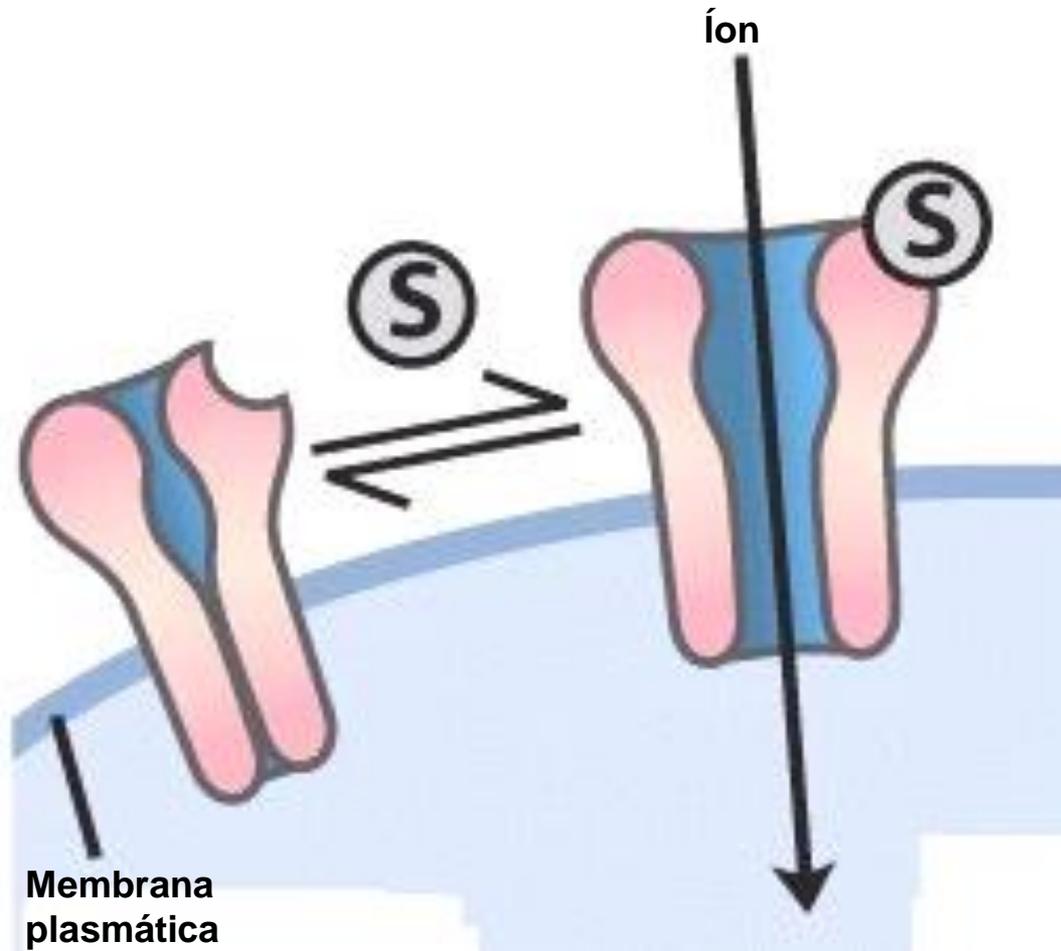
1- Canais de íons ou água ($10^7 - 10^8$ íons/s).

2- Bombas dependentes de ATP (ATPases, $10^0 - 10^3$ íons/s).

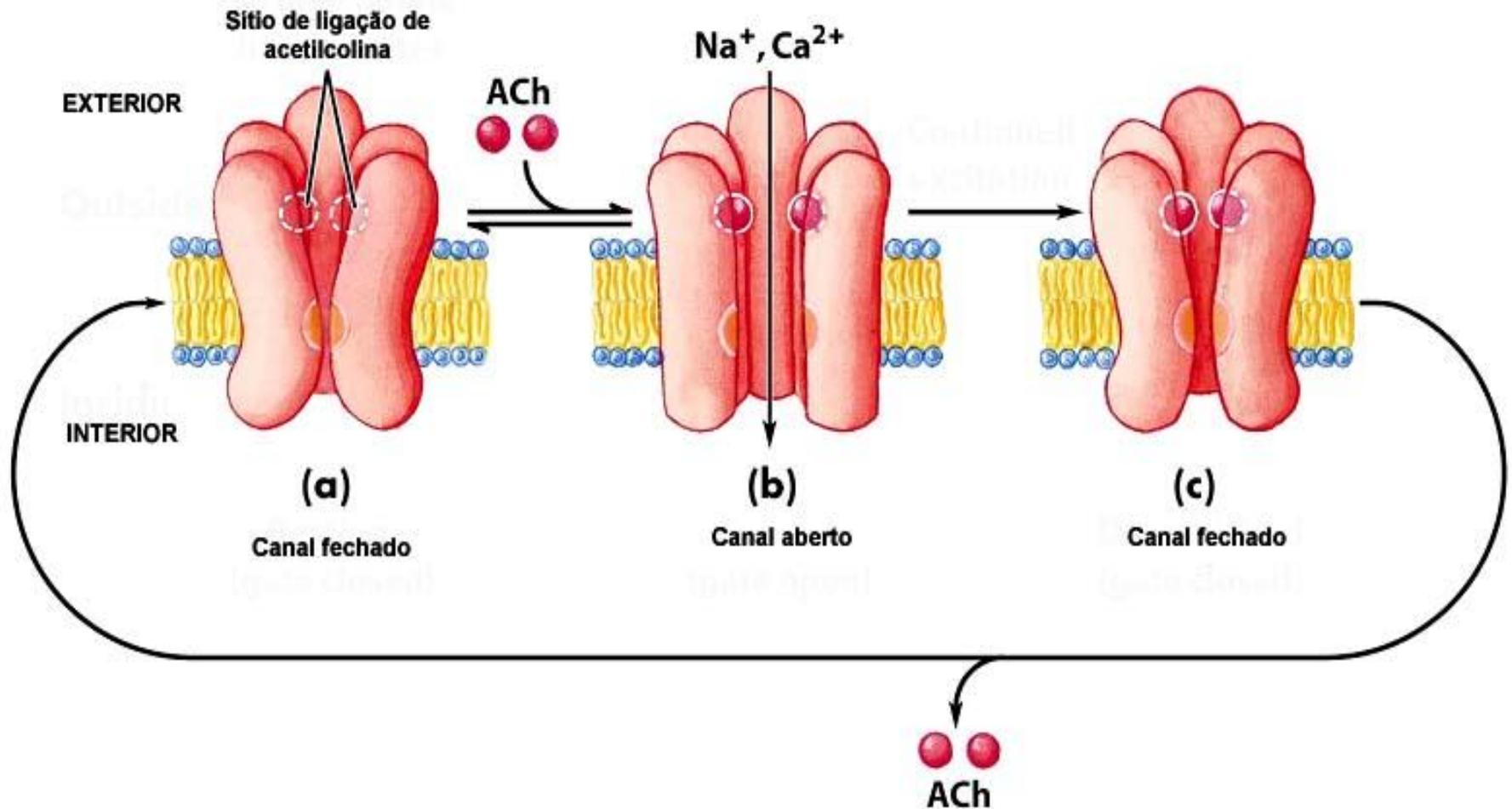
3- Transportadores ($10^2 - 10^4$ moléculas/s).

Tipos gerais de transdutores de sinais

I. **Canal iônico**: Abre o fecha em resposta a concentração do sinal ligante (S) ou do potencial de membrana

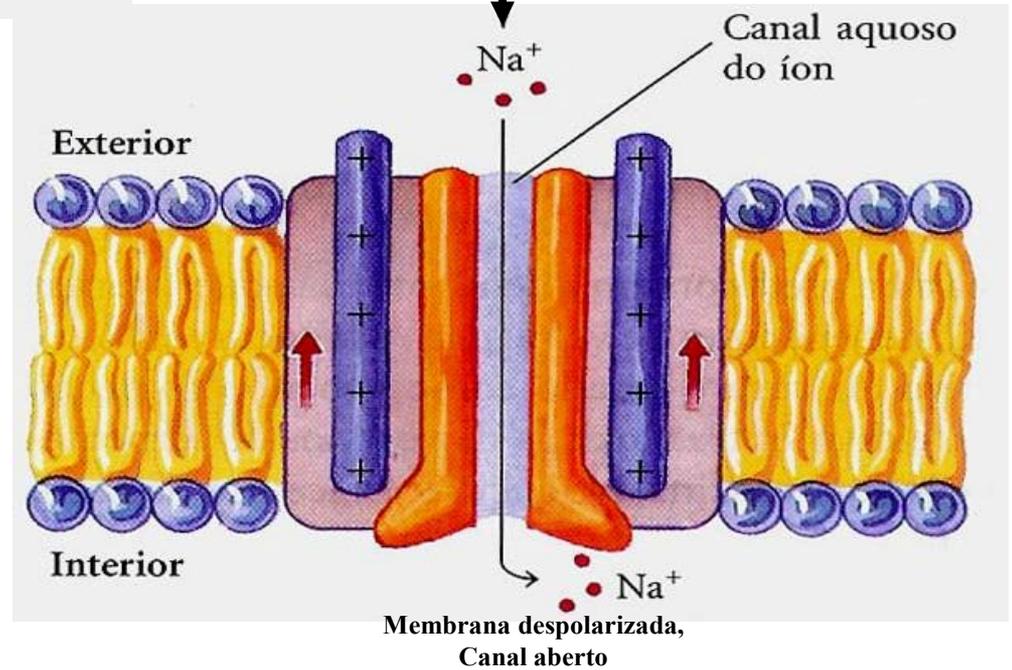
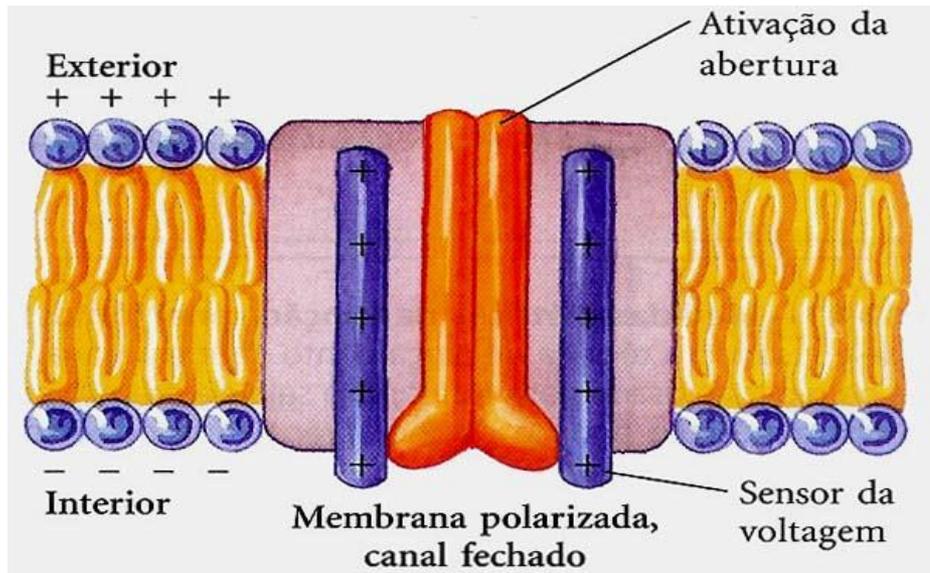


α -Dependente de ligante: Receptor de acetilcolina – Na^+ , Ca^{++}

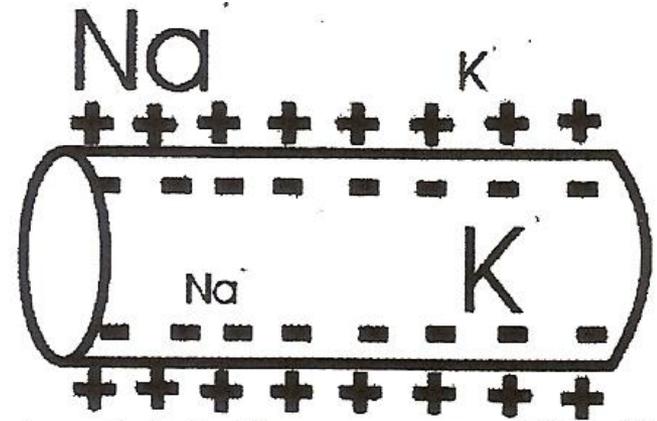
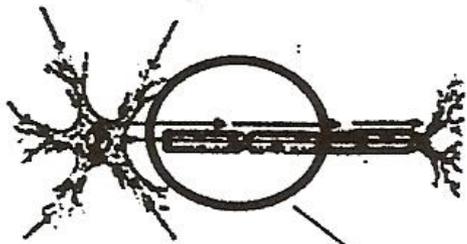


Neurotransmissores: Serotonina, Glutamato, Acetilcolina.

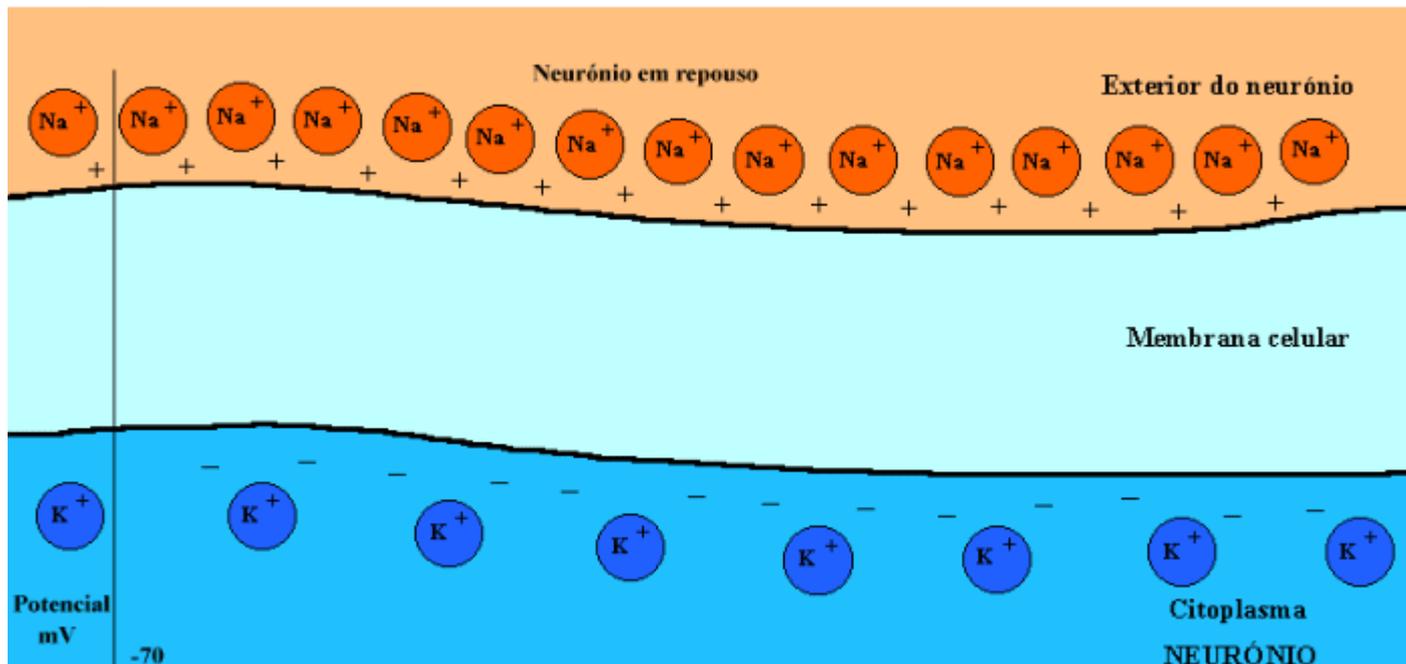
b-Dependente de voltagem: Na^+ , K^+ , Ca^{++}

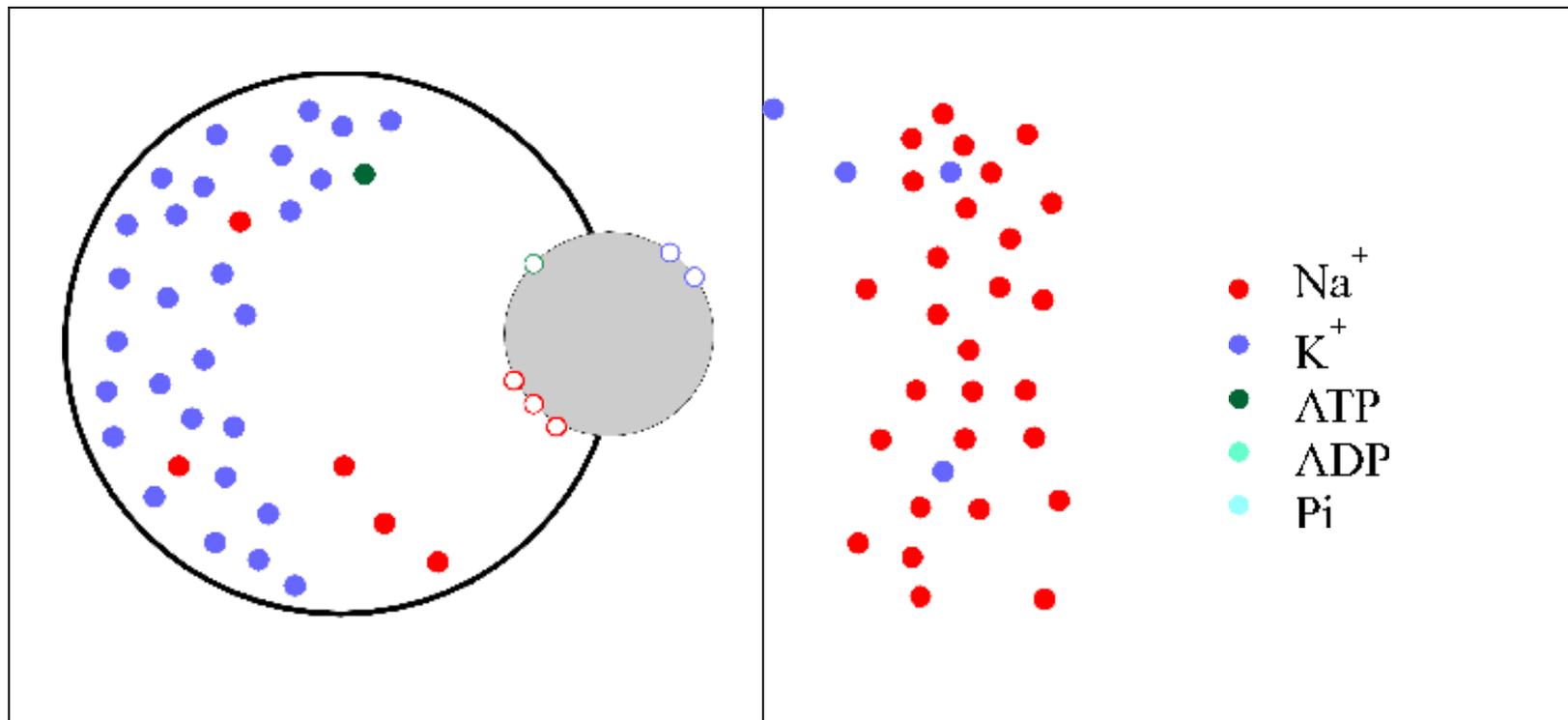


O impulso nervoso



Potencial de Repouso = - 70 milivolts



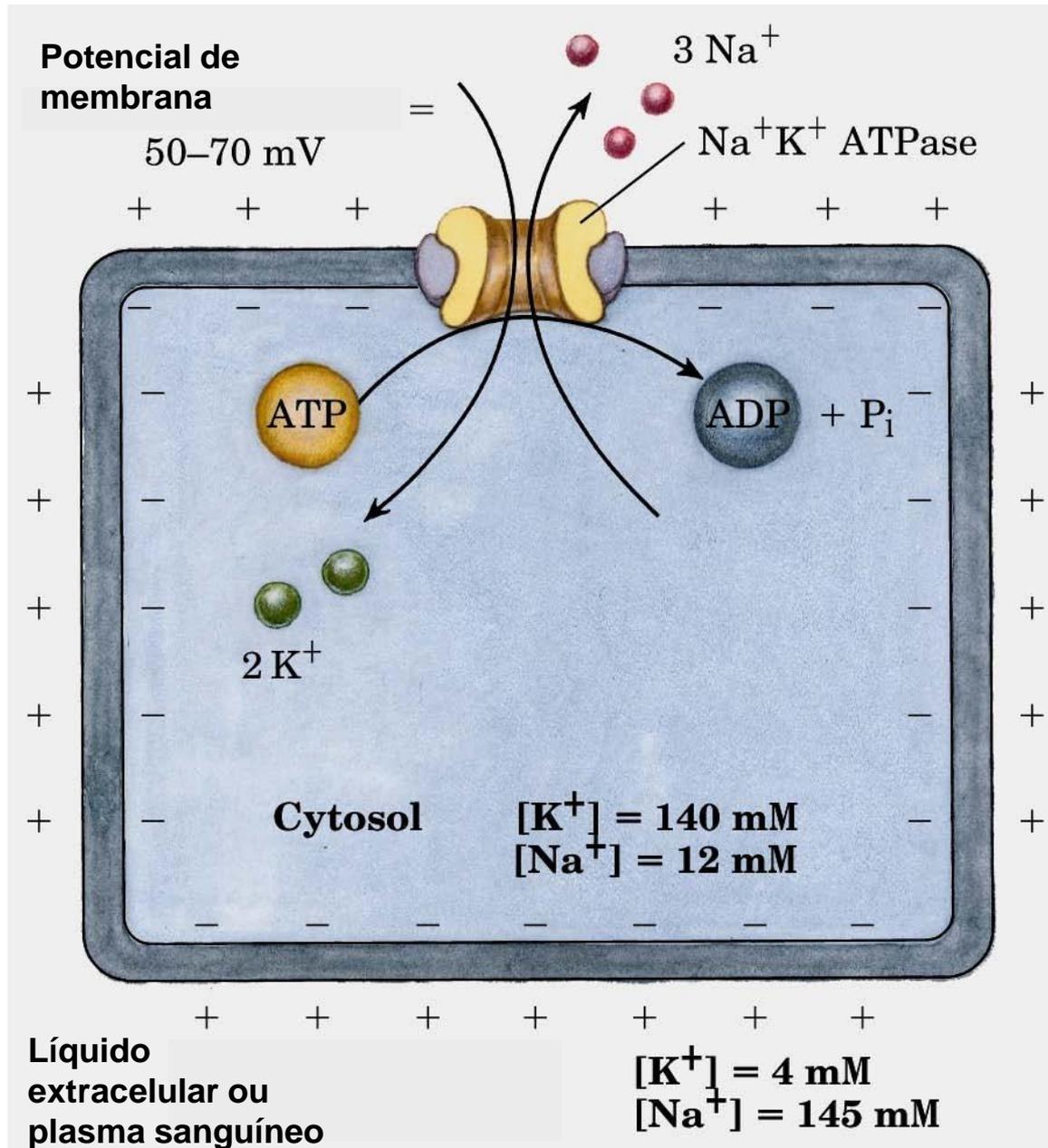


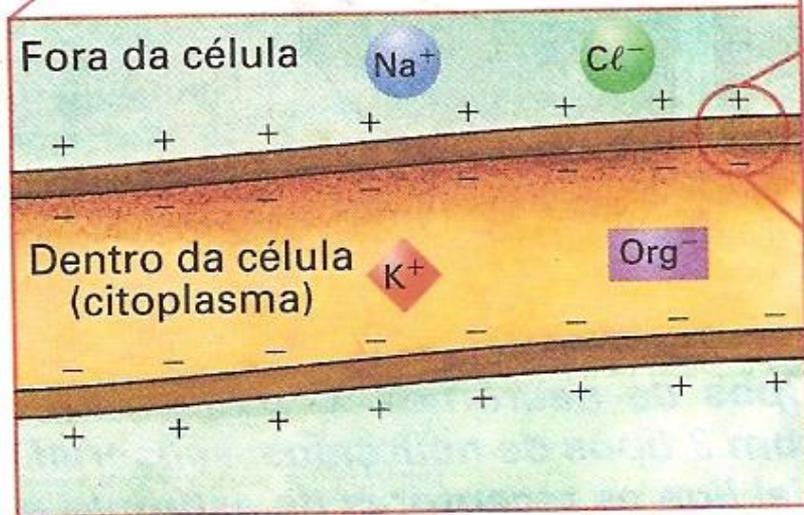
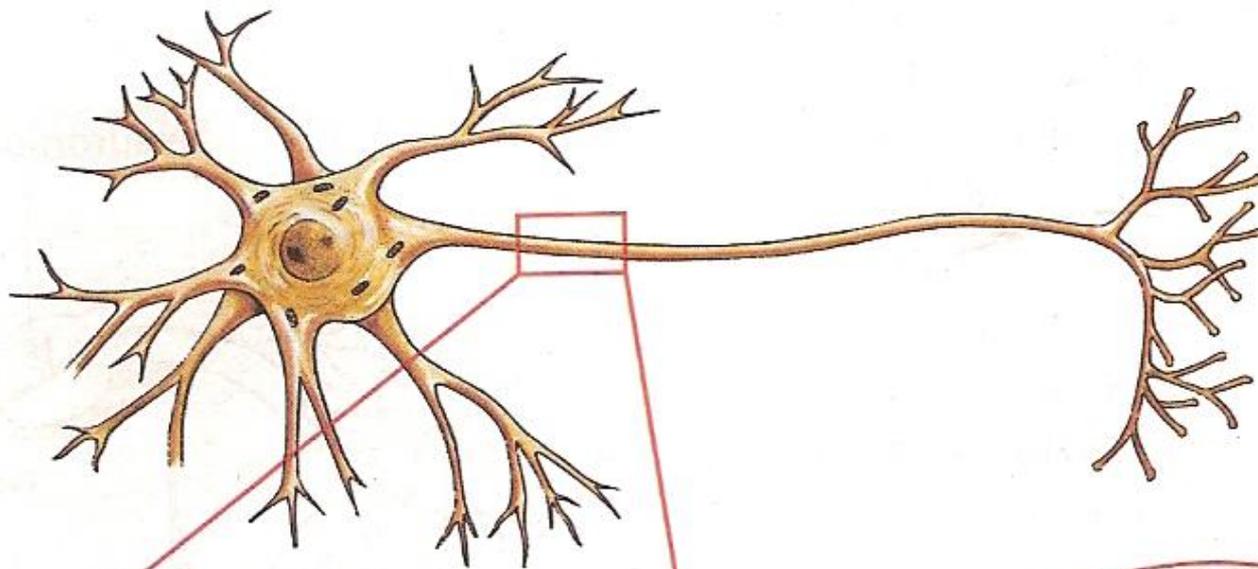
Bomba Na⁺/K⁺: Na⁺/K⁺ ATPase

Contratransporte (Antiporter)

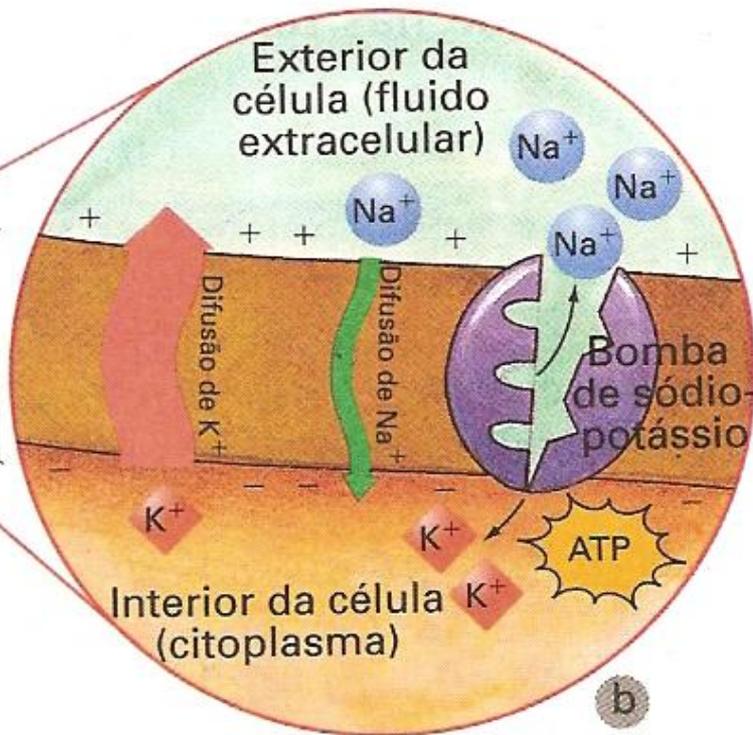
- três íons sódio se fixam à parede interna da proteína carreadora
- função ATPásica da proteína é ativada
- uma molécula de ATP é quebrada em ADP, com liberação de energia
- há alteração conformacional da molécula da proteína carreadora
- sódio levado para fora da célula – entra potássio

Potencial elétrico transmembrana: Gradiente eletroquímico





Membrana plasmática



b

$V = -70 \text{ mV}$

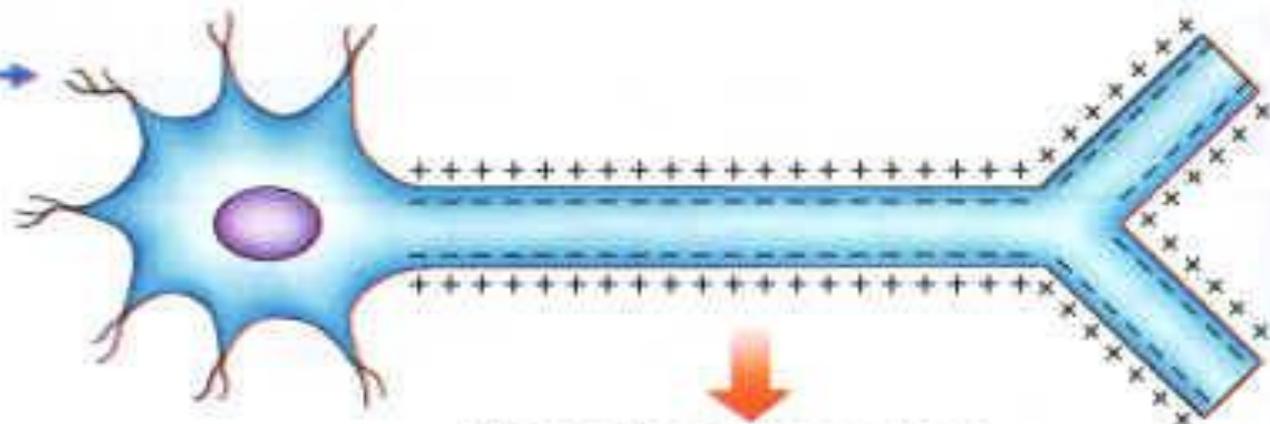
As etapas

- No neurônio em repouso a concentração de **sódio** é maior no **meio extracelular**, enquanto o **potássio** está em concentração maior no **meio intracelular**
- Quando o neurônio sofre estímulo, ocorre uma **mudança transitória** do potencial de membrana
- Nesse momento, acontece a abertura dos canais iônicos e a entrada rápida de Na^+ , que estava em grande quantidade, no meio extracelular
- Quando esse íon entra, ocorre a mudança de potencial e o interior do axônio passa a ser positivo (**despolarização**)

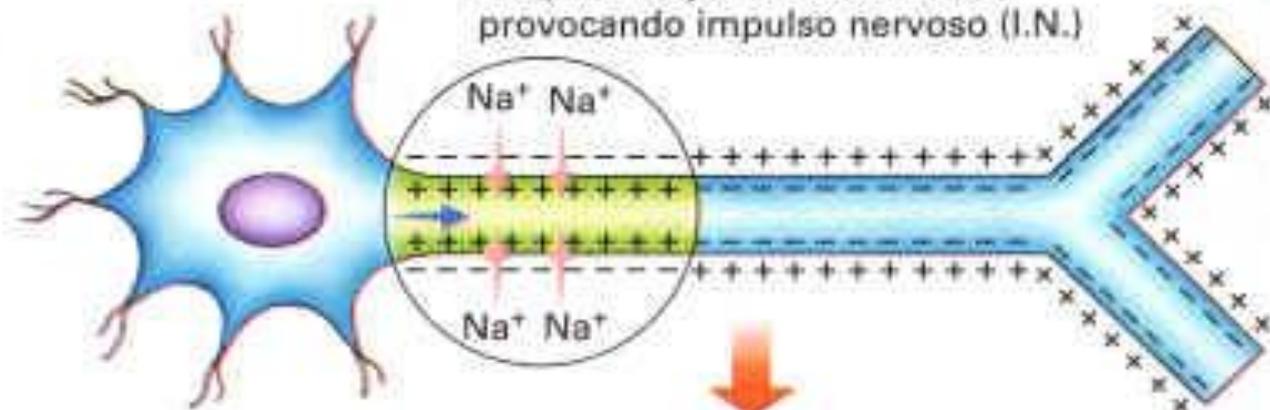
As etapas

- Essa mudança faz com que os canais de Na^+ fechem-se e provoca a abertura dos canais de K^+
- O íon K^+ começa a sair por difusão e o potencial de repouso da membrana retorna ao normal (repolarização)
- O conjunto de alterações sequenciais que garante a transição de potencial é chamado de **potencial de ação**
- Para ocorrer um novo estímulo, a célula nervosa deve esperar um período de tempo, chamado de período refratário absoluto

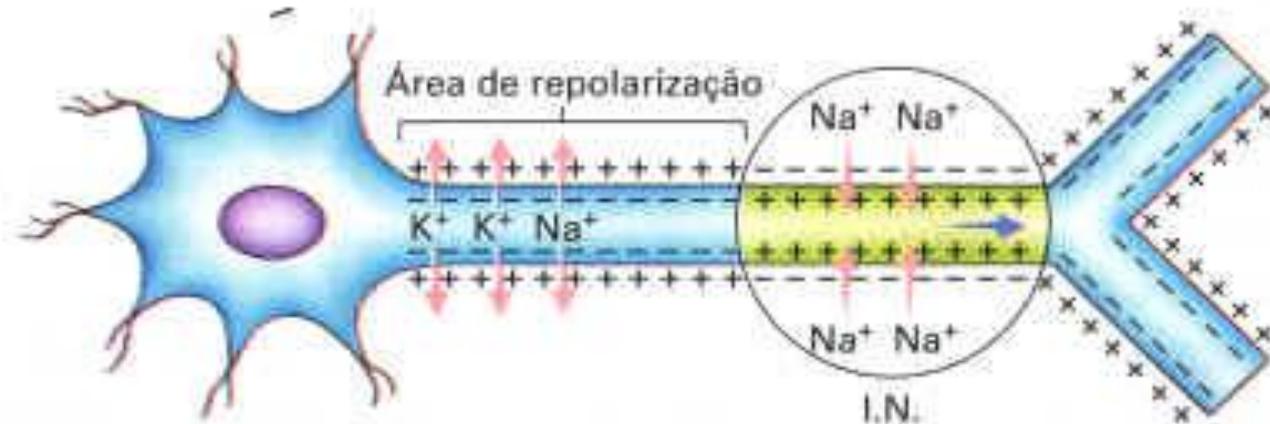
Estímulo →

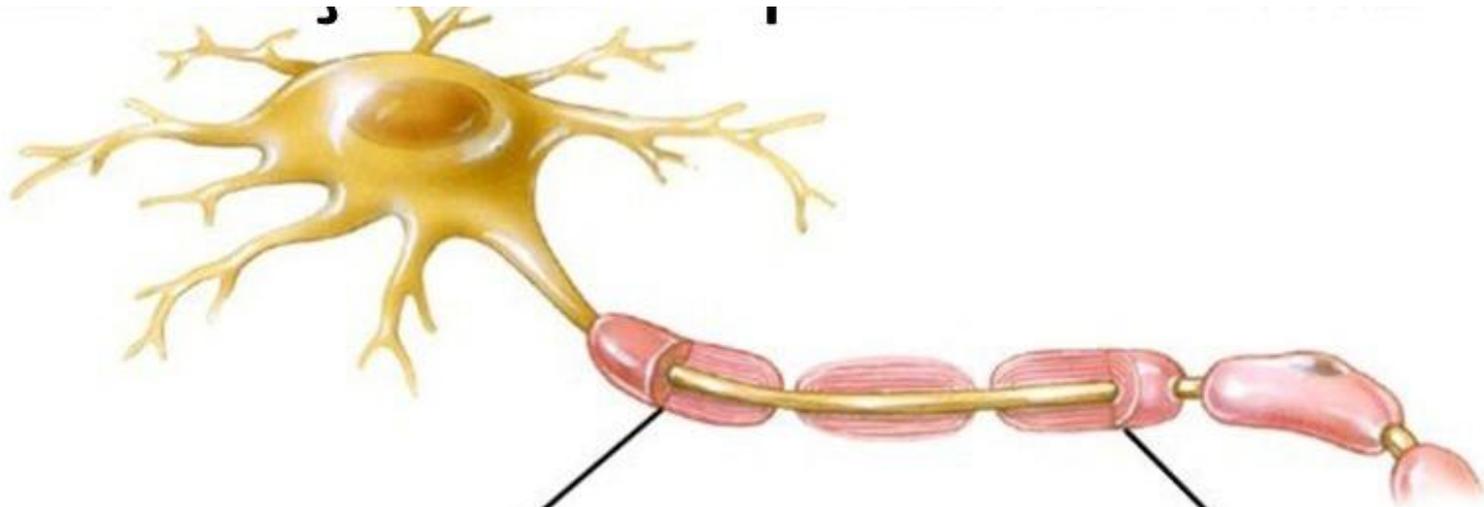


Despolarização da membrana,
provocando impulso nervoso (I.N.)



Área de repolarização





Potencial de Ação

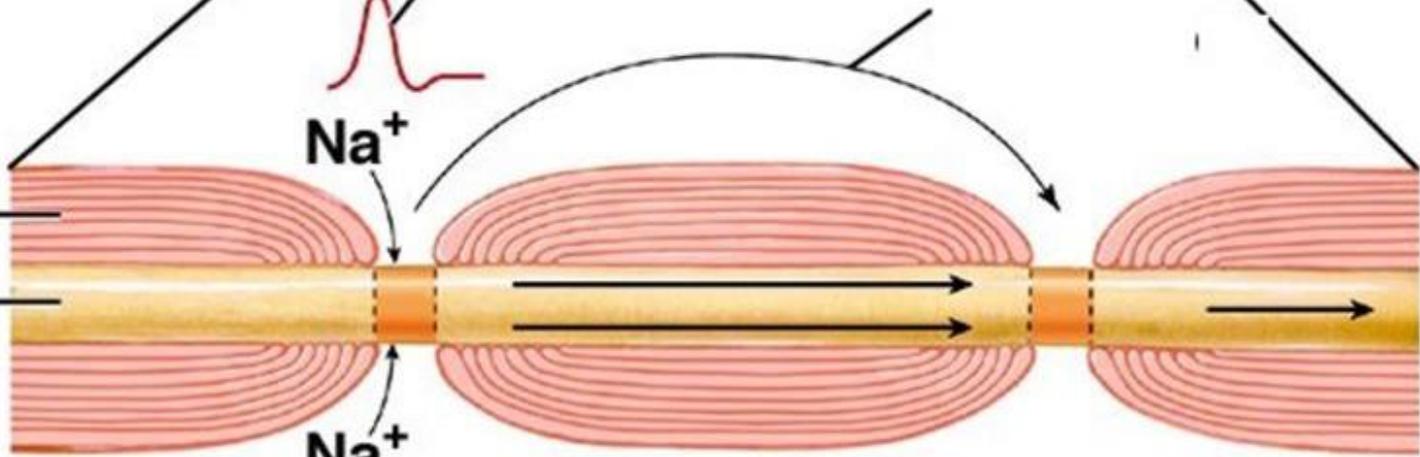
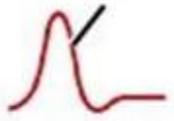
Condução saltatória

Mielina

Axônio

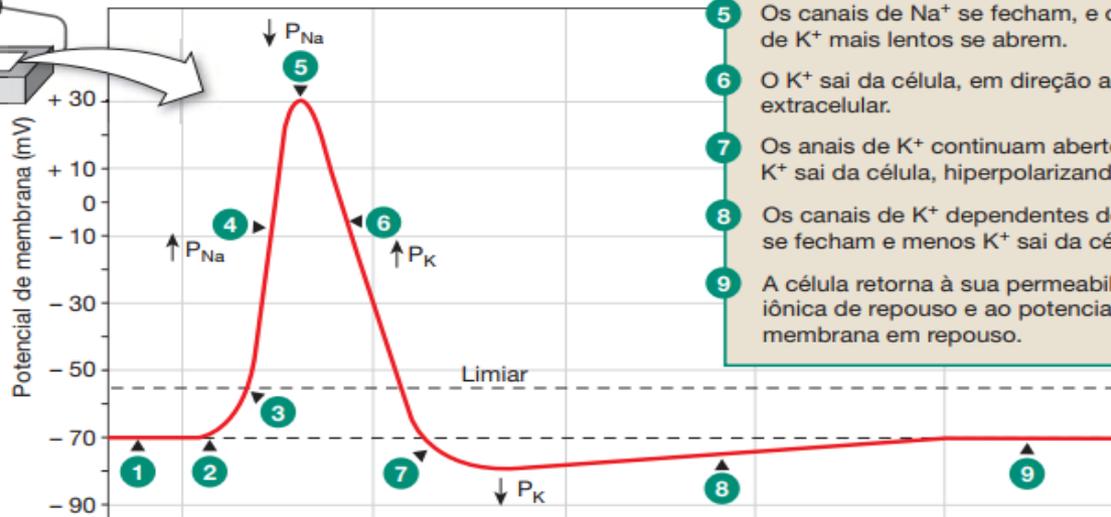
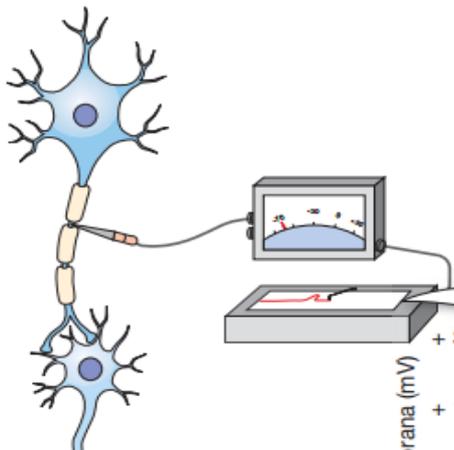
Na^+

Na^+

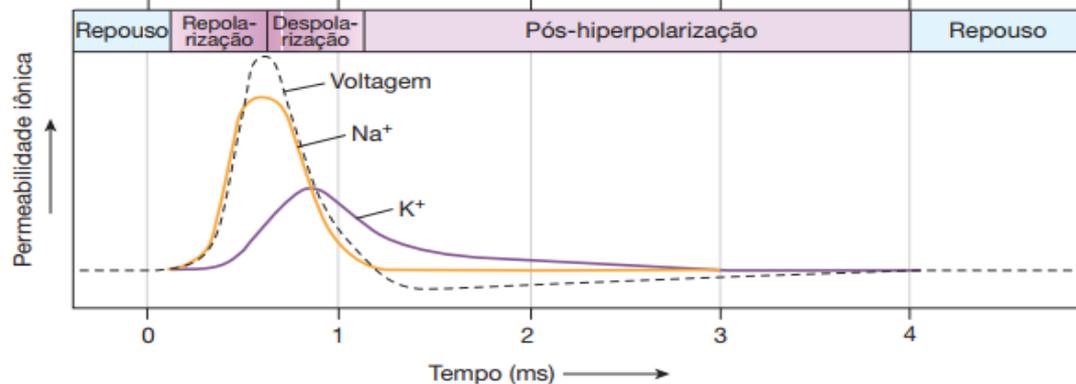
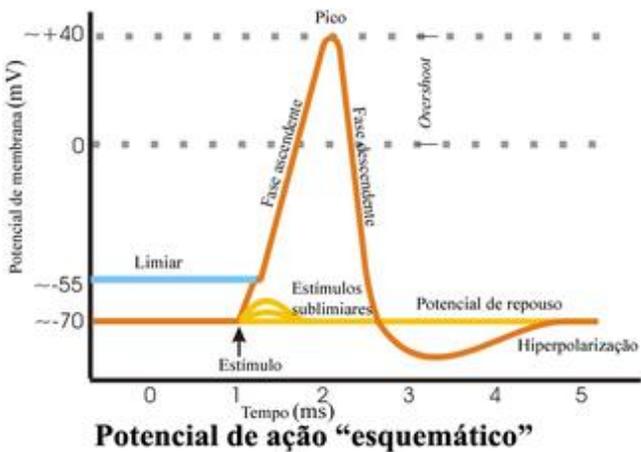


O potencial de ação

Alterações na permeabilidade iônica (P_{ion}) ao longo do axônio geram um fluxo iônico e ocasionam mudanças na voltagem.



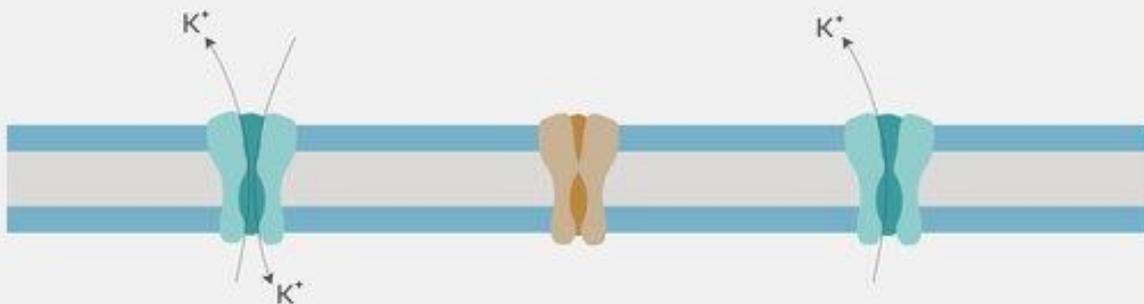
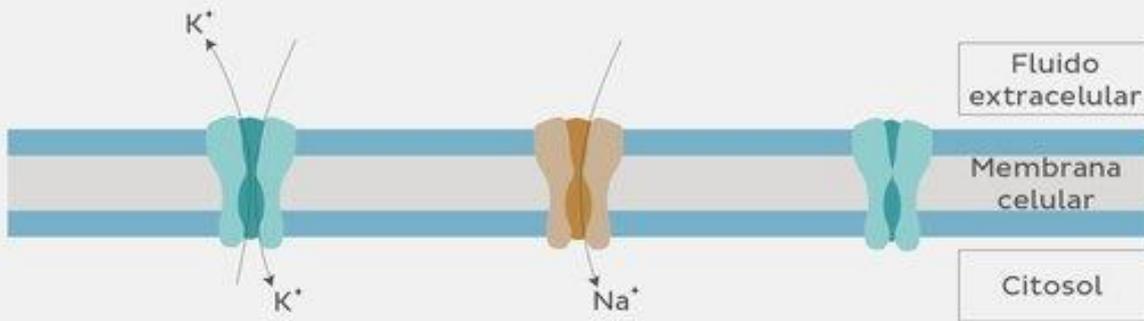
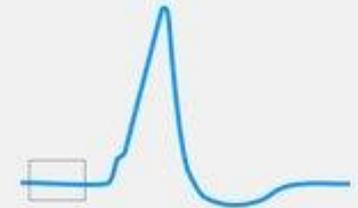
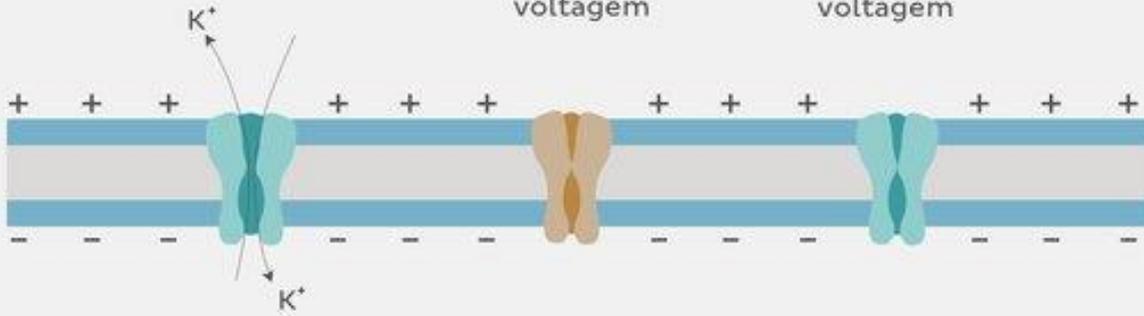
- 1 Potencial de membrana em repouso.
- 2 Estímulo despolarizante.
- 3 A membrana despolariza até o limiar. Os canais de Na^+ dependentes de voltagem começam a se abrir.
- 4 O influxo rápido de Na^+ despolariza a célula.
- 5 Os canais de Na^+ se fecham, e os canais de K^+ mais lentos se abrem.
- 6 O K^+ sai da célula, em direção ao líquido extracelular.
- 7 Os canais de K^+ continuam abertos e mais K^+ sai da célula, hiperpolarizando-a.
- 8 Os canais de K^+ dependentes de voltagem se fecham e menos K^+ sai da célula.
- 9 A célula retorna à sua permeabilidade iônica de repouso e ao potencial de membrana em repouso.



Canal de repouso
(canal de vazamento de K^+)

Canal de Na^+
dependente de
voltagem

Canal de K^+
dependente de
voltagem



Potencial de ação

+ + +

- - -

+ + +

+ + +

Meio externo

Célula

- - -

+ + +

- - -

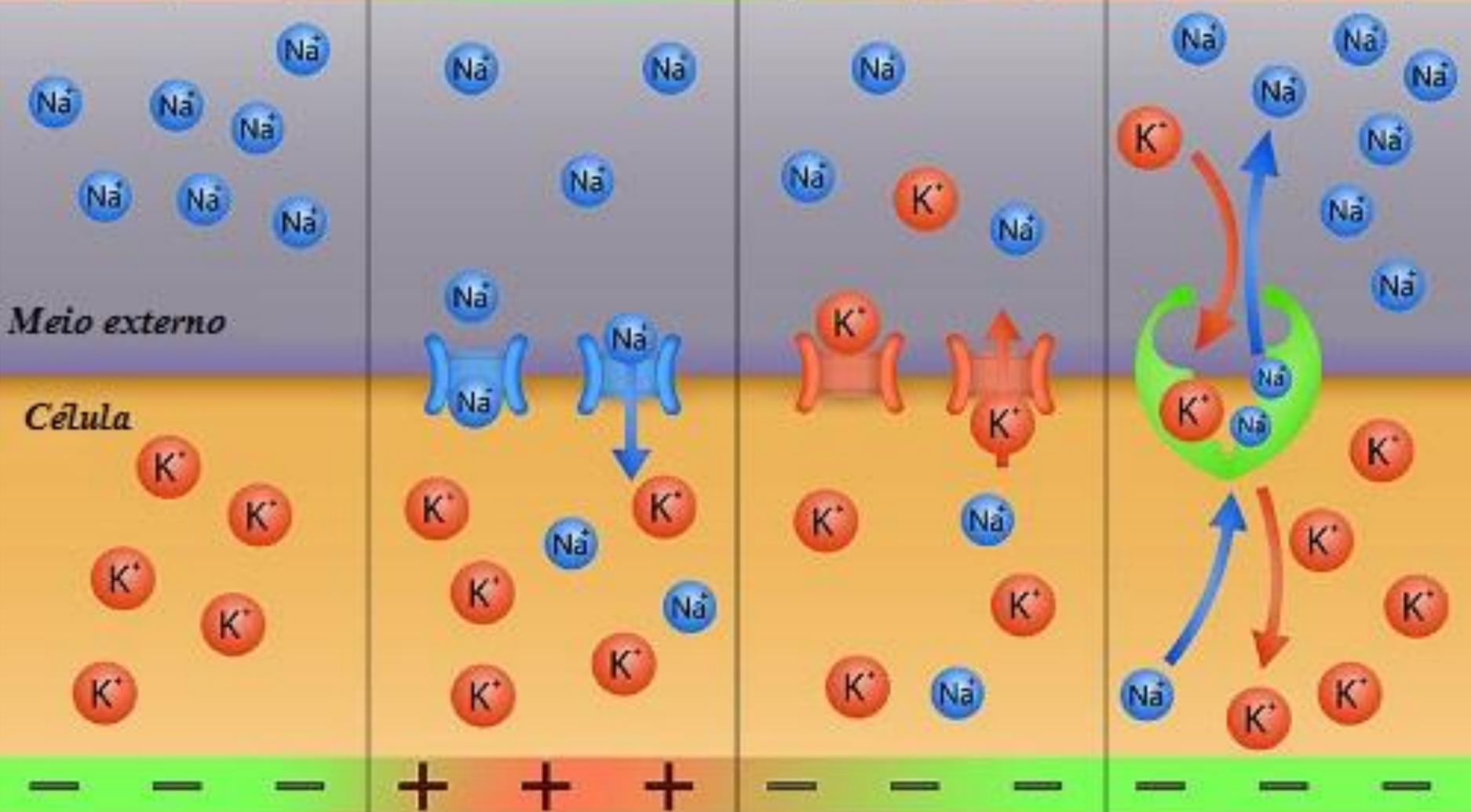
- - -

Potencial de repouso

Despolarização

Repolarização

Potencial de repouso

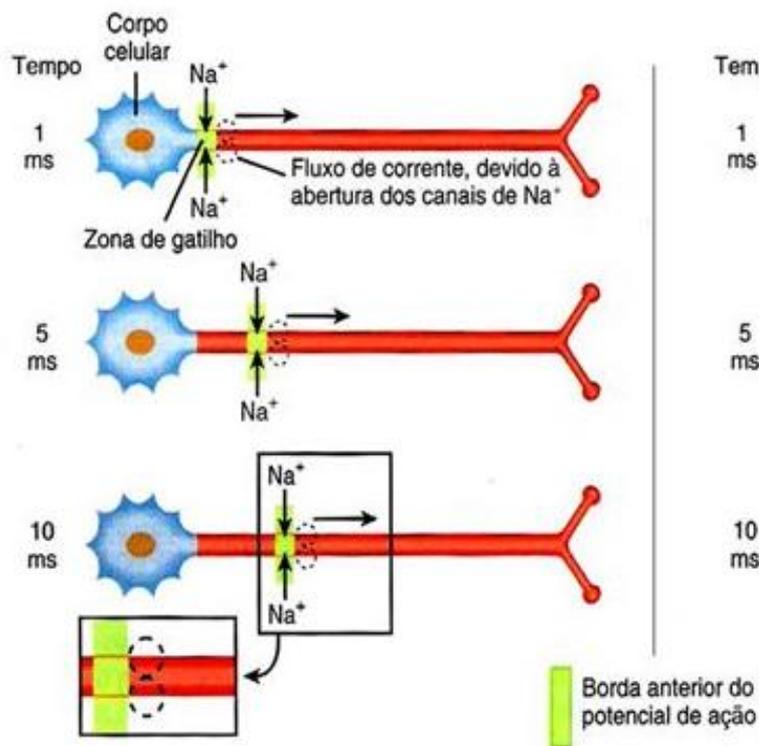


Em neurônios a mielinização é o principal fator que interfere na velocidade de condução do potencial de ação

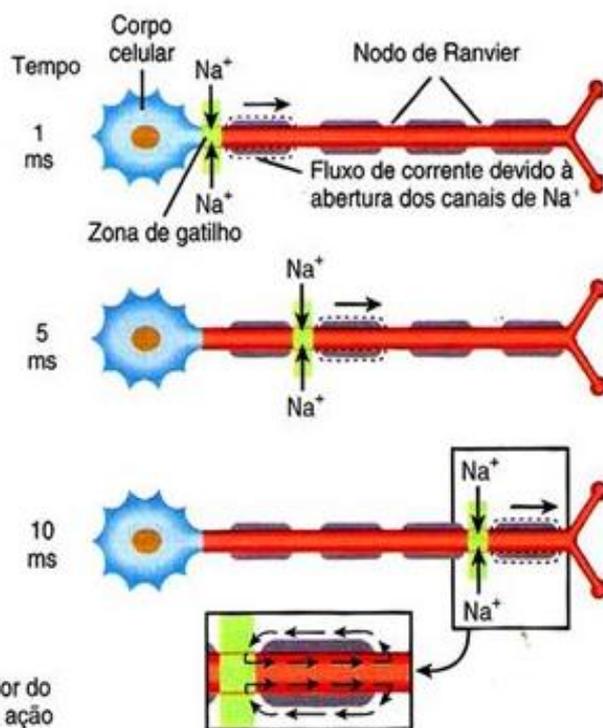
Em neurônios amielinizados

Em neurônios mielinizados

Condução contínua



Condução saltatória



A velocidade de condução do potencial de ação varia em função de três fatores:

• O diâmetro da célula

- Quanto maior o diâmetro maior a velocidade.
- Quanto menor o diâmetro menor a velocidade.

• A mielinização

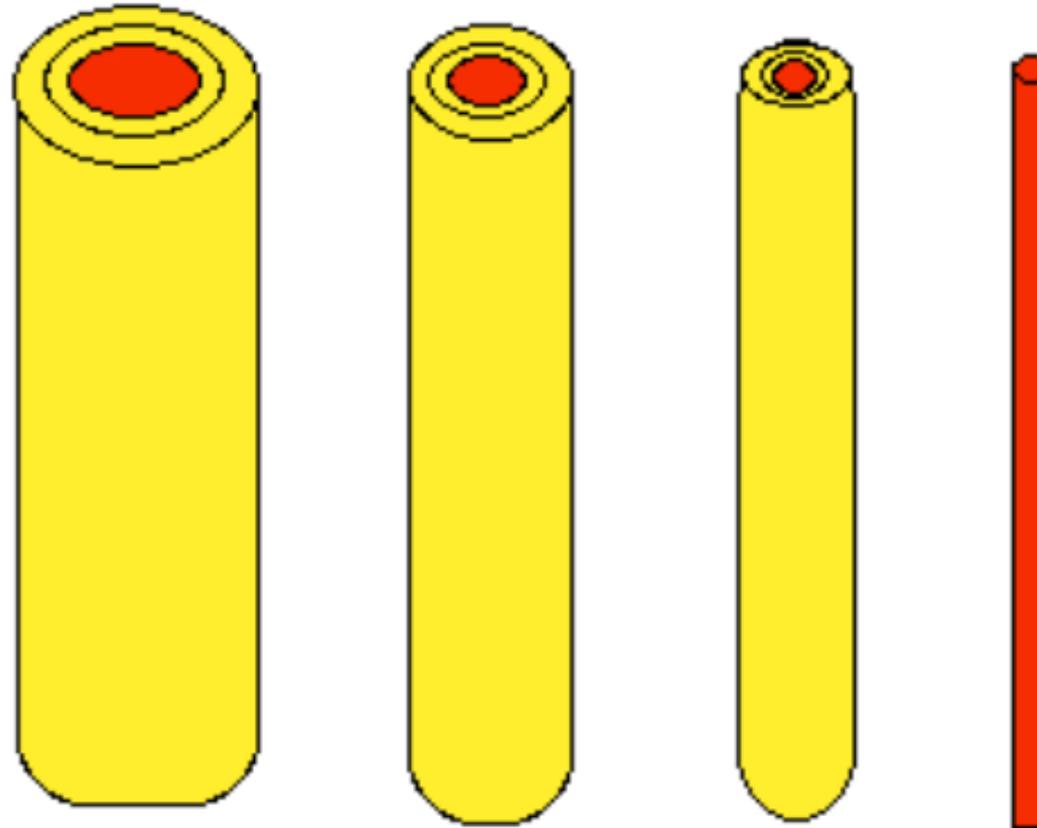
- Amielinizadas: menor velocidade
- Mielinizadas: maior velocidade

• Temperatura

- Quanto maior a temperatura maior a velocidade.
- Quanto menor a temperatura menor a velocidade.

Velocidade de condução

Axônio Aferente Primário



Tipo de Axônio:	Aα	Aβ	Aδ	C
Diâmetro (μm)	13-20	6-12	1-5	.2-1.5
Velocidade (m/s)	80-120	35-75	5-35	.5-2.0

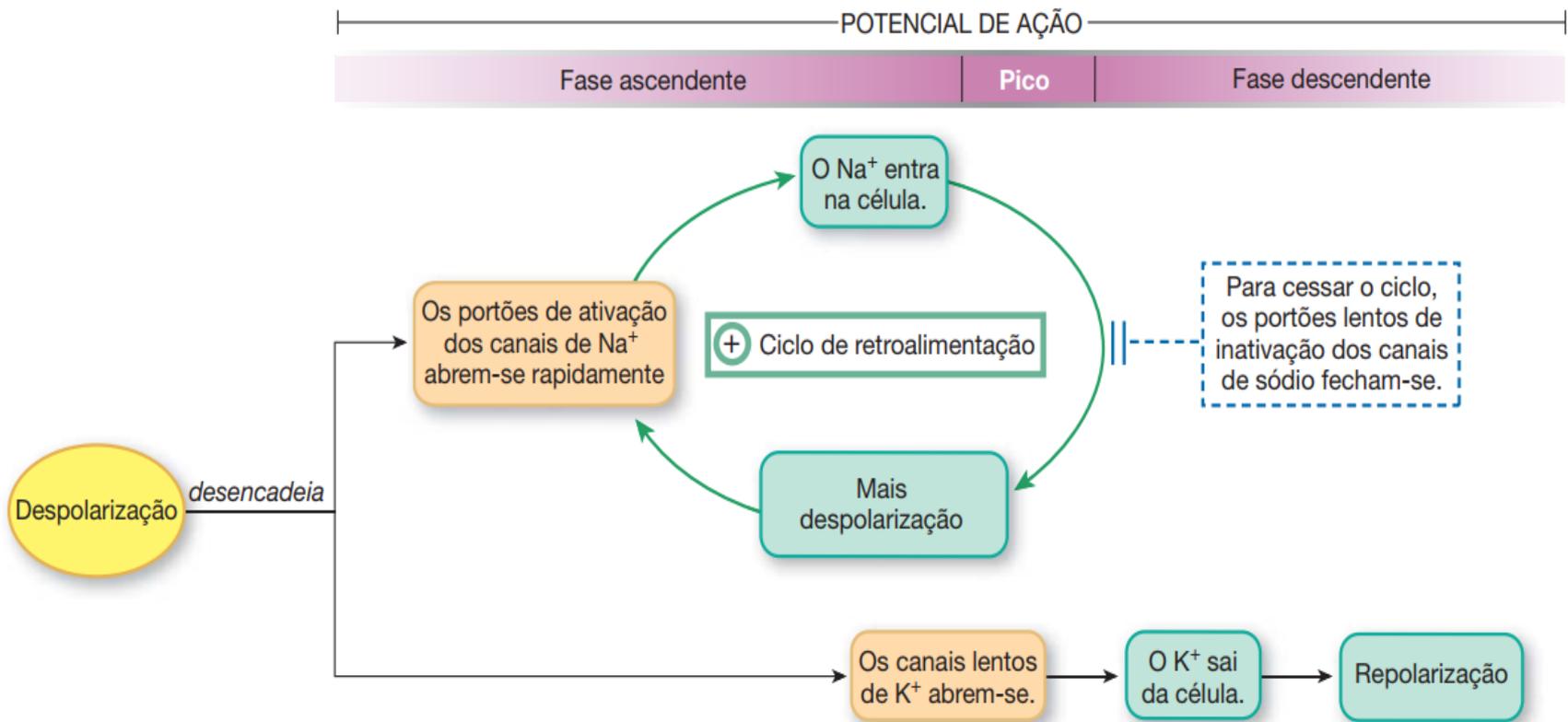
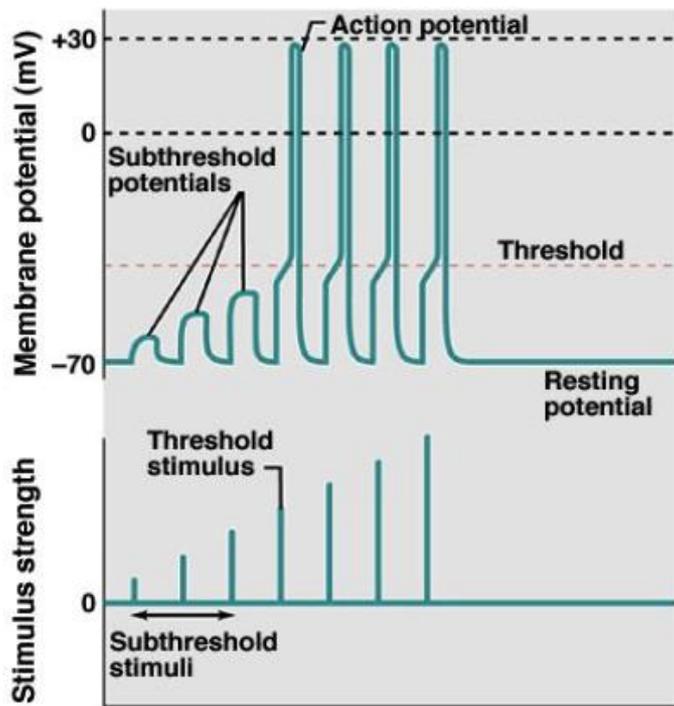


FIGURA 8.11 Retroalimentação positiva. A entrada de sódio durante um potencial de ação cria um ciclo de retroalimentação positiva. Esse ciclo positivo cessa quando os portões de inativação dos canais de Na⁺ se fecham.



Potenciais graduados são despolarizações cujo tamanho ou amplitude é proporcional à força do estímulo.

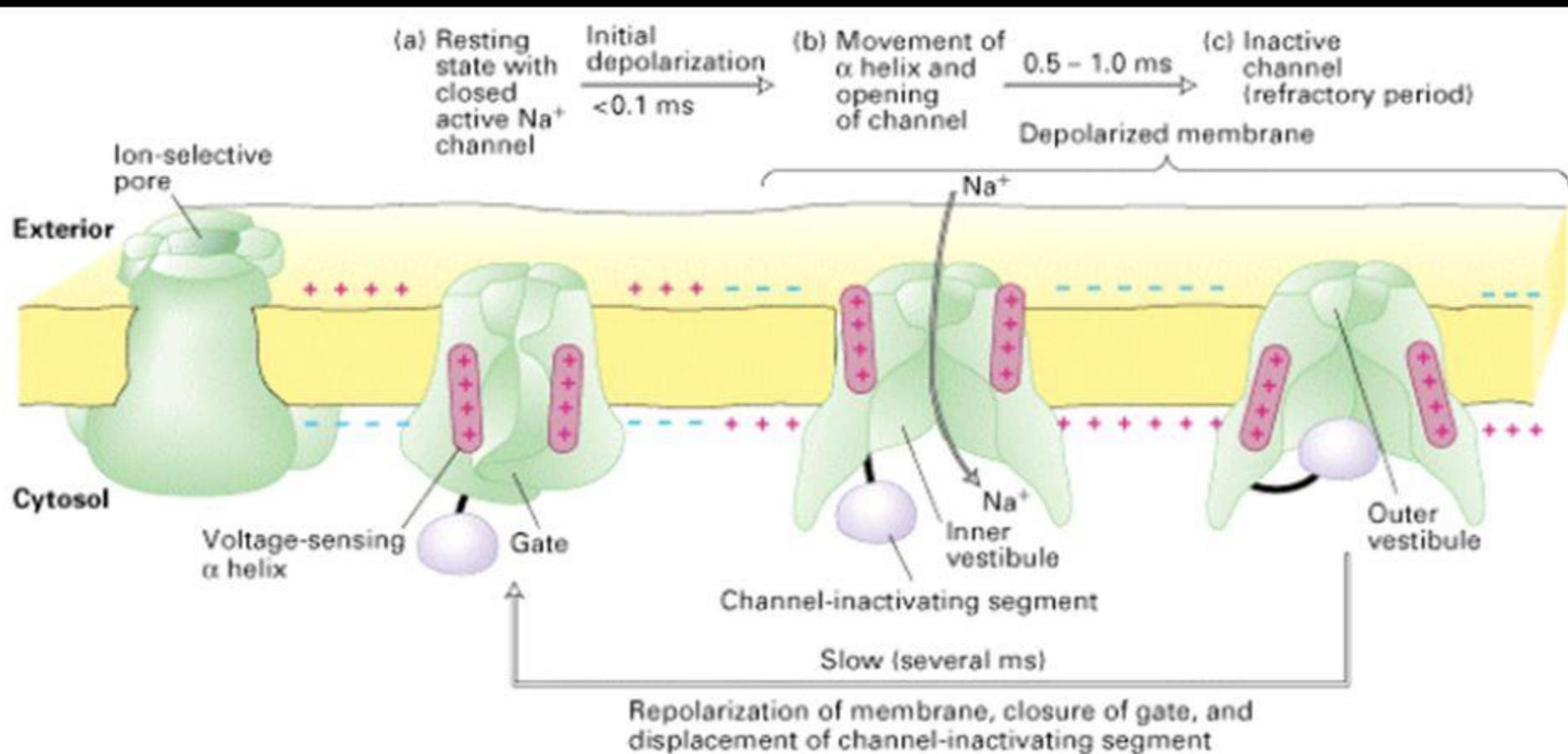
Potenciais de ação: todos são idênticos e não diminuem o seu poder quando viajam através do neurônio. É um fenômeno **tudo-ou-nada**.

São deflagrados por um estímulo limiar.

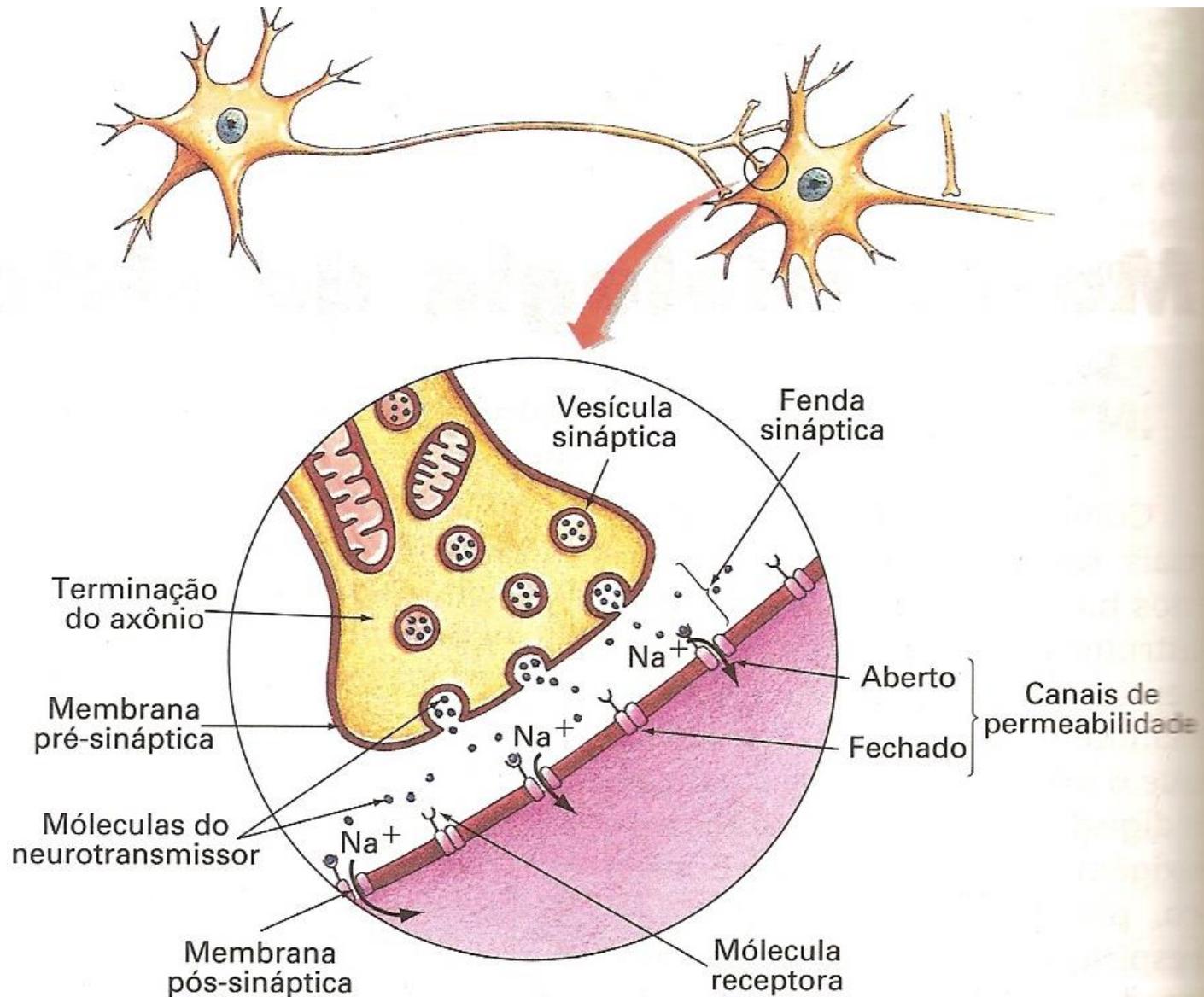
O que causa o potencial de ação? Sob o ponto de vista elétrico, ele é causado por um estímulo com um valor expresso em milivolts (mV). Nem todo estímulo é capaz de causar um potencial de ação. O estímulo adequado tem que ter um valor elétrico suficiente para reduzir a negatividade da célula neuronal até o valor limiar do potencial de ação. Dessa maneira, existem estímulos sublimiars, limiars e supralimiars. **Estímulos sublimiars** não causam um potencial de ação. **Estímulos limiars** possuem energia suficiente para produzir o potencial de ação (impulso nervoso). **Estímulos supralimiars** também produzem um potencial de ação, mas sua força é maior do que os estímulos limiars.

O potencial de ação é gerado quando um estímulo muda o potencial de ação da membrana para os valores do **potencial limiar**, que geralmente está em torno de -50 a -55 mV. É importante saber que o potencial de ação se comporta segundo a regra “*tudo ou nada*”. Isso significa que qualquer estímulo sublimiar não vai causar nenhuma alteração, enquanto estímulos limiars ou supralimiars vão produzir uma resposta completa da célula excitável.

Dinâmica de abertura, inativação e fechamento de canais de sódio voltagem-dependentes

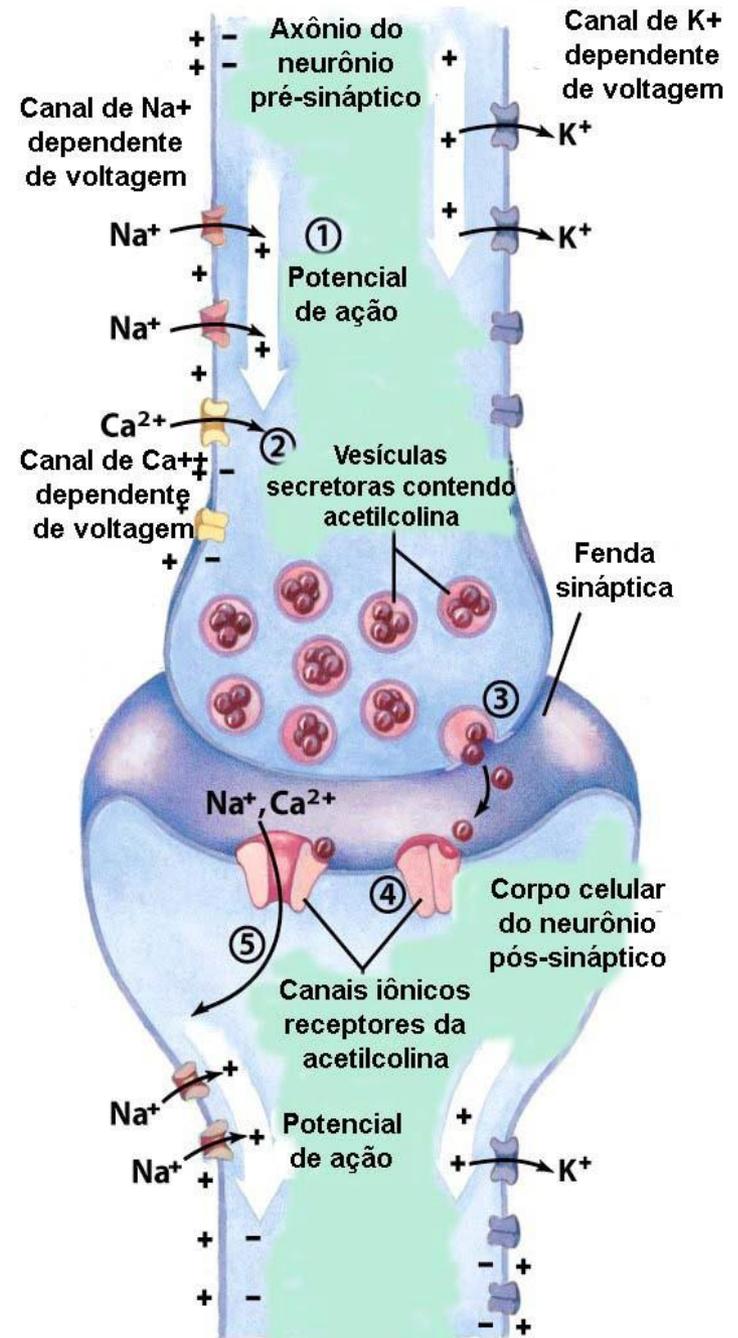
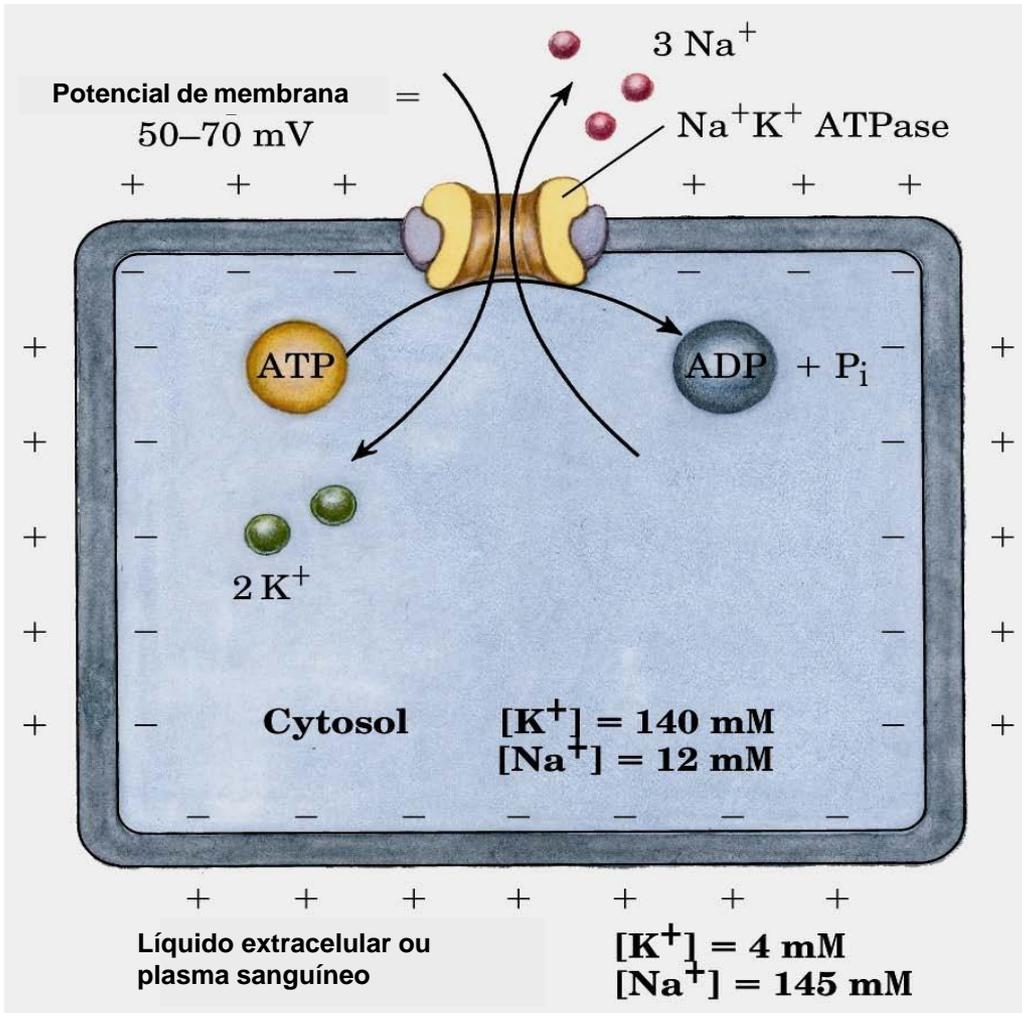


O que acontece...



Transporte em ação

Impulso nervoso:





Obrigado

fscha@usp.br

USP – 2º Semestre 2022