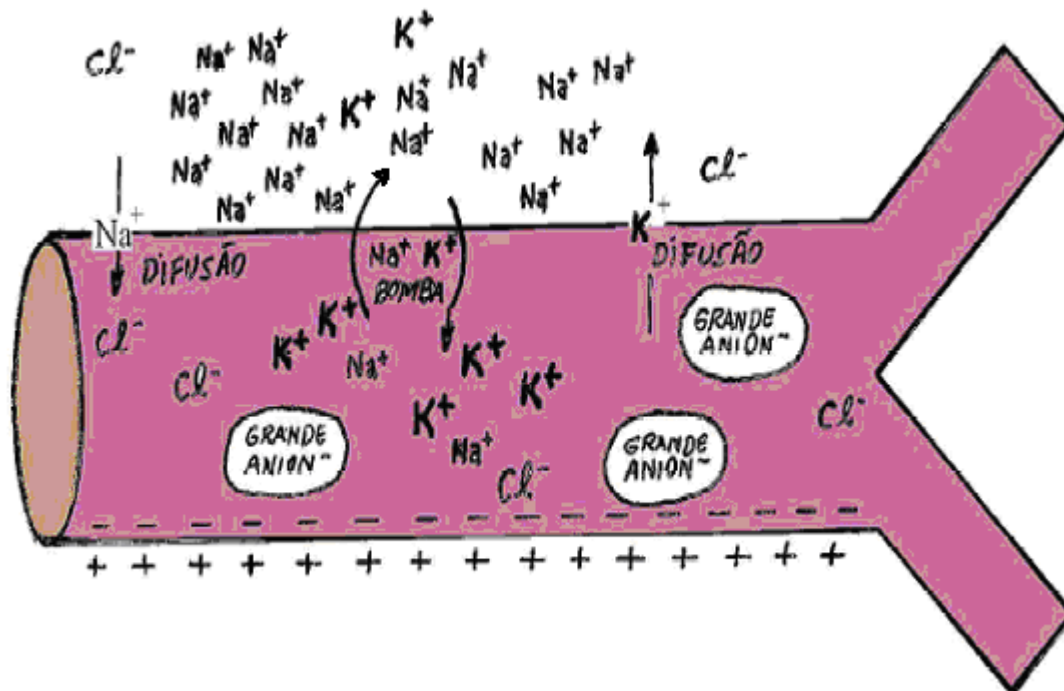


## TRANSMISSÃO DE INFORMAÇÃO

Quando um neurônio recebe um estímulo, se este é forte o suficiente, leva a produção de um **impulso nervoso**. O impulso nervoso corresponde a uma corrente elétrica que caminha rapidamente no axônio até os botões sinápticos. O impulso nervoso para começar precisa encontrar a membrana numa condição denominada **potencial de repouso**; uma vez iniciado, se auto propagará.

No neurônio não estimulado ou em repouso, a superfície interna da membrana plasmática tem uma carga negativa comparada com o fluido tecidual adjacente (fig.4.4). A membrana plasmática esta assim **polarizada**.



*Fig.4.4 - Segmento de um axônio em repouso. Sódio (Na<sup>+</sup>) é bombeado para fora da célula, enquanto que o potássio (K<sup>+</sup>) é bombeado para dentro. Este processo ocorre mesmo contra o gradiente de concentração, pois há mais Na<sup>+</sup> no meio extra celular do que K<sup>+</sup>, que predomina no interior da célula. Este é o papel da proteína transportadora de Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup>, chamada bomba de Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>. Devido à distribuição diferencial dos íons, a parte interna do axônio é carregada negativamente, comparada com o fluido externo. A presença de outras moléculas carregadas negativamente e outros íons contribuem para esta polaridade.*

Quando cargas elétricas estão separadas desta maneira, há uma **diferença de energia potencial elétrica** através da membrana. Se fosse permitido as cargas juntarem-se, teriam um potencial de trabalho. O trabalho que poderia ser realizado pode ser expresso em milivolts. No neurônio em repouso, a diferença de potencial através da membrana plasmática é chamada de **potencial de membrana** ou **potencial de repouso**.

A membrana plasmática alcança seu potencial de repouso pela atividade eficiente da **bomba de sódio/potássio/ ATPase**, que transporta sódio e potássio para o interior e exterior do neurônio. A proteína transportadora de  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$  é na realidade uma enzima, ATPase, que hidrolisa a molécula de ATP, "gerando" a energia necessária para o transporte destes íons através da membrana. Três íons  $\text{Na}^+$  são bombeados fora da célula para cada dois íons  $\text{K}^+$  bombeados para dentro. Ambos os íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$  podem se difundir de volta através da membrana, a favor de seu gradiente de concentração. Todavia, a membrana é mais permeável ao  $\text{K}^+$  do que ao  $\text{Na}^+$ . Assim, grande amostra de  $\text{K}^+$  pode sair, e somente pequena amostra de  $\text{Na}^+$  volta para dentro. Como resultado, mais cargas positivas são mantidas fora da membrana que dentro.

Proteínas negativamente carregadas e outras moléculas grandes contribuem para as cargas negativas relativas ao lado interno da membrana plasmática, pois não se difunde para fora da célula. Num certo ponto, a carga positiva externa torna-se tão alta que não é mais possível a saída de  $\text{K}^+$ . Neste ponto o neurônio alcançou seu **potencial de repouso**, cerca de -70 milivolts.

## DESPOLARIZAÇÃO LOCAL PRODUZIDA PELO ESTÍMULO EXCITATÓRIO

Qualquer estímulo (químico, elétrico ou mecânico) que faça o neurônio ficar mais permeável ao sódio ou potássio, pode mudar o potencial de repouso (-70mV). Estas mudanças locais são chamadas **potenciais locais**.

**Estímulos excitatórios** abrem canais de sódio/ potássio, formados por proteínas que estão embebidas na membrana, permitindo a entrada do íon  $\text{Na}^+$  na célula. Esta passagem de  $\text{Na}^+$  para dentro da célula produz um potencial de membrana menos negativo o que é conhecido como **despolarização**. Esta despolarização causa um fluxo de corrente elétrica. Se a despolarização da membrana for de 15mV (o que significa uma alteração do potencial de repouso para -55mV), a despolarização será apenas local. Quando a despolarização ultrapassa -55mV, a membrana alcança um ponto crítico chamado "**nível de disparo**", o que resulta uma **onda de despolarização**, que se espalha ao longo do axônio.

O gradiente eletroquímico estabelecido é chamado de **impulso nervoso** ou **potencial de ação** (fig. 4.5).

Quando o nível de disparo é alcançado, um potencial de ação explosivo ocorre; a membrana do neurônio rapidamente alcança o potencial "zero" e sobe para +35mV. Ocorre uma "inversão momentânea da polaridade", ou seja, o lado interno da membrana tem uma carga positiva, comparada a membrana adjacente (fig.4.5 e 4.6). O aumento rápido no potencial de ação é chamado de spike.

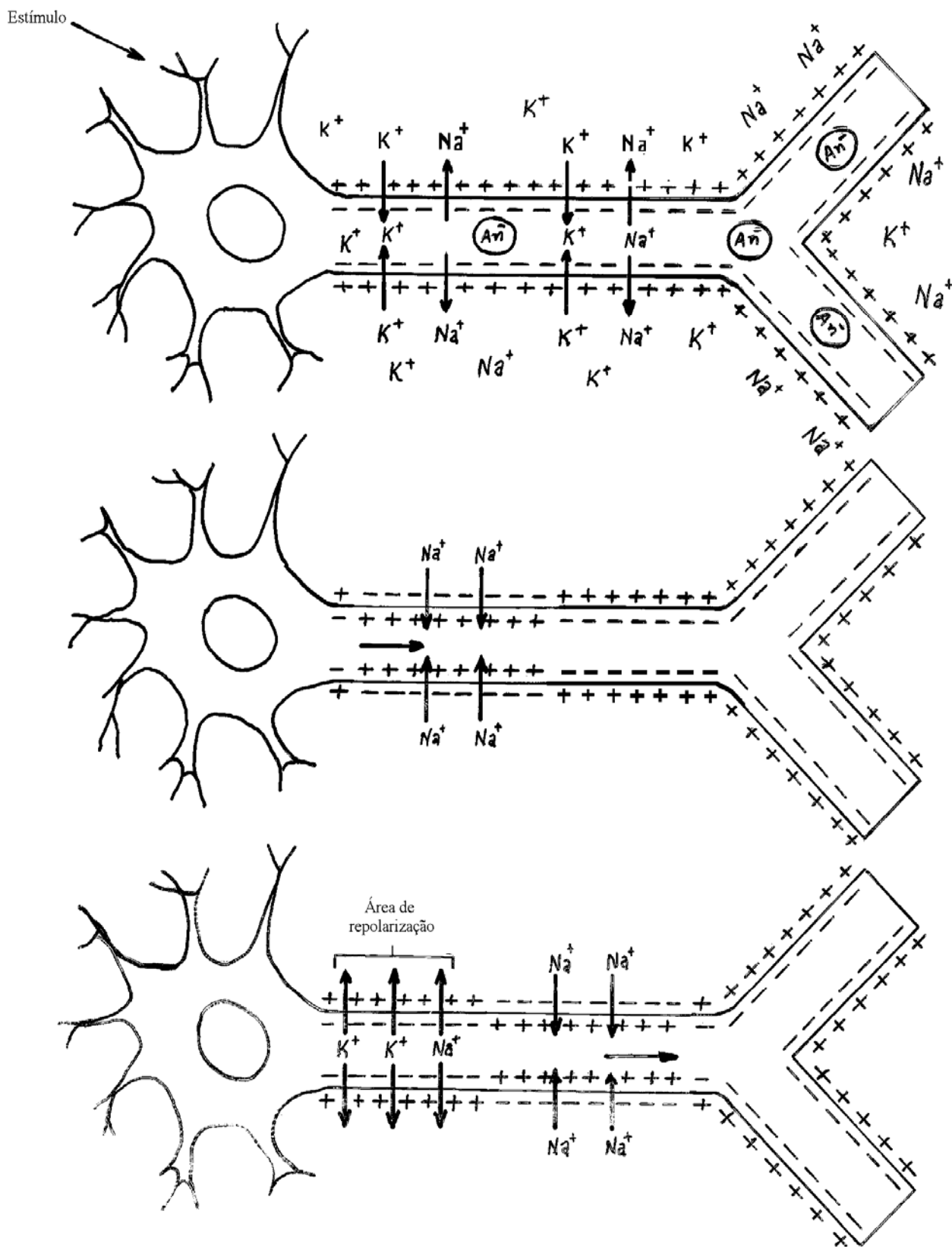


Fig.4.5 - Transmissão de impulso ao longo do axônio. a) o dendrito é estimulado suficientemente para despolarizar a membrana ao nível de disparo. O axônio em (a) é mostrado no estado de repouso; b) e c) o impulso é transmitido como uma onda que caminha ao longo do axônio. Na região de despolarização, os íons  $Na^+$  movem-se para dentro da célula. Assim que o impulso caminhar, a polaridade é rapidamente restabelecida.

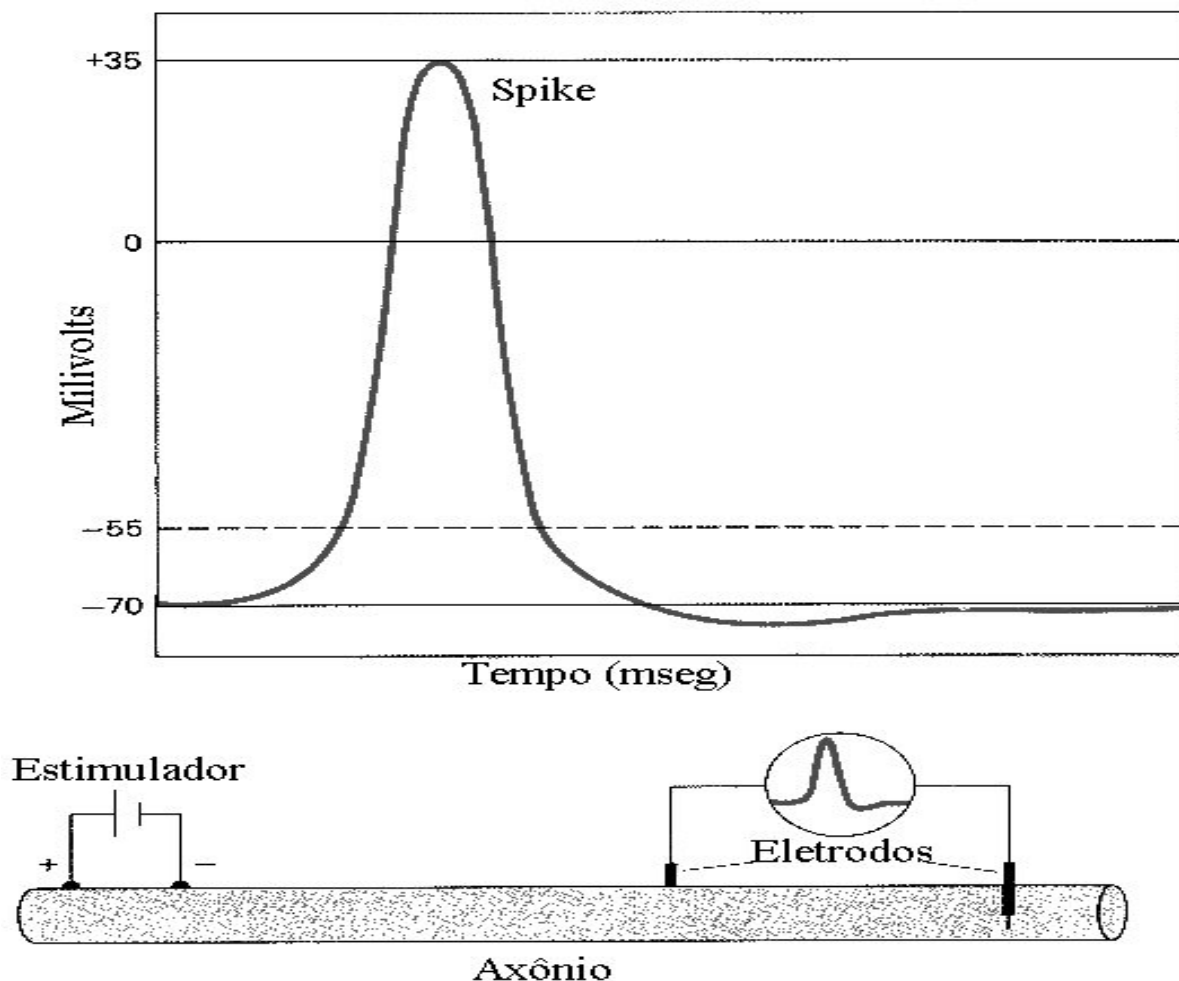


Fig.4.6 - Potencial de ação registrado com um eletrodo dentro da célula e outro fora. Quando o axônio despolariza para  $-55\text{mV}$ , um potencial de ação é gerado.

Em resumo o **potencial de ação** é:

- 1) Uma corrente elétrica forte suficiente para causar uma mudança no potencial de repouso, produzindo o impulso nervoso (fig. 4.6).
- 2) O impulso nervoso move-se ao longo do axônio com velocidade e amplitude constantes.
- 3) A medida que a onda de despolarização se desloca ao longo do axônio, o estado de polarização de repouso é rapidamente restabelecido ou a membrana é **repolarizada**. Os canais de  $\text{Na}^+$  se fecham e não há mais entrada de  $\text{Na}^+$  na célula até a repolarização da membrana - **período refratário**. Não é possível a transmissão seguida de outro potencial de ação porque os canais de  $\text{Na}^+$  não podem ser reabertos.
- 4) Simultaneamente ao fechamento dos canais de sódio ocorre a abertura dos canais de potássio, que saem. Há então uma redução de íons positivos dentro da célula o que resulta em sua **repolarização**.
- 5) O potencial de repouso só será alcançado com o auxílio da bomba de sódio e potássio, que transporta ativamente o excesso de sódio para fora do neurônio.

6) Esta transmissão ao longo dos axônios ocorre nos neurônios que não possuem bainha de mielina. Nos neurônios mielinizados o potencial de ação ocorre ao nível dos nódulos de Ranvier, pontos em que a membrana plasmática faz contato direto com o fluido intersticial. Assim, o potencial de ação "salta" de um nódulo de Ranvier para o seguinte - **condução saltatória** - sendo um tipo de condução mais rápida e com menos gasto de energia (fig. 4.7).

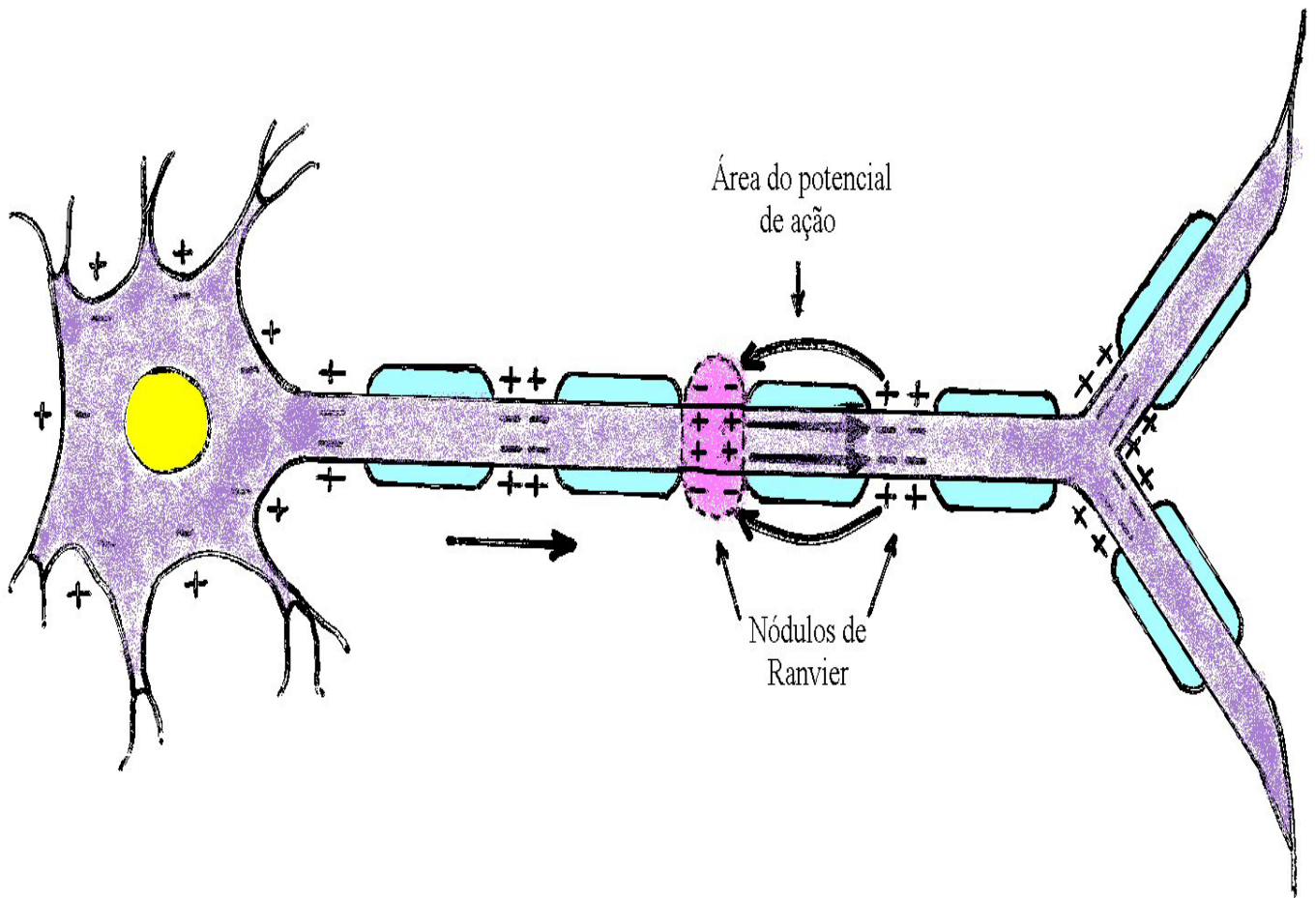


Fig.4.7 - Condução de um potencial de ação saltatório, que "salta" de um nódulo de Ranvier para o próximo.

## SINAPSES

Quando o potencial de ação chega ao fim do axônio, encontra fendas, **as sinapses**, separando um neurônio do outro ou do efetor. O neurônio que transmite o impulso é chamado de **neurônio pré-sináptico**, enquanto o que recebe, de **neurônio pós-sináptico** (fig. 4.8).

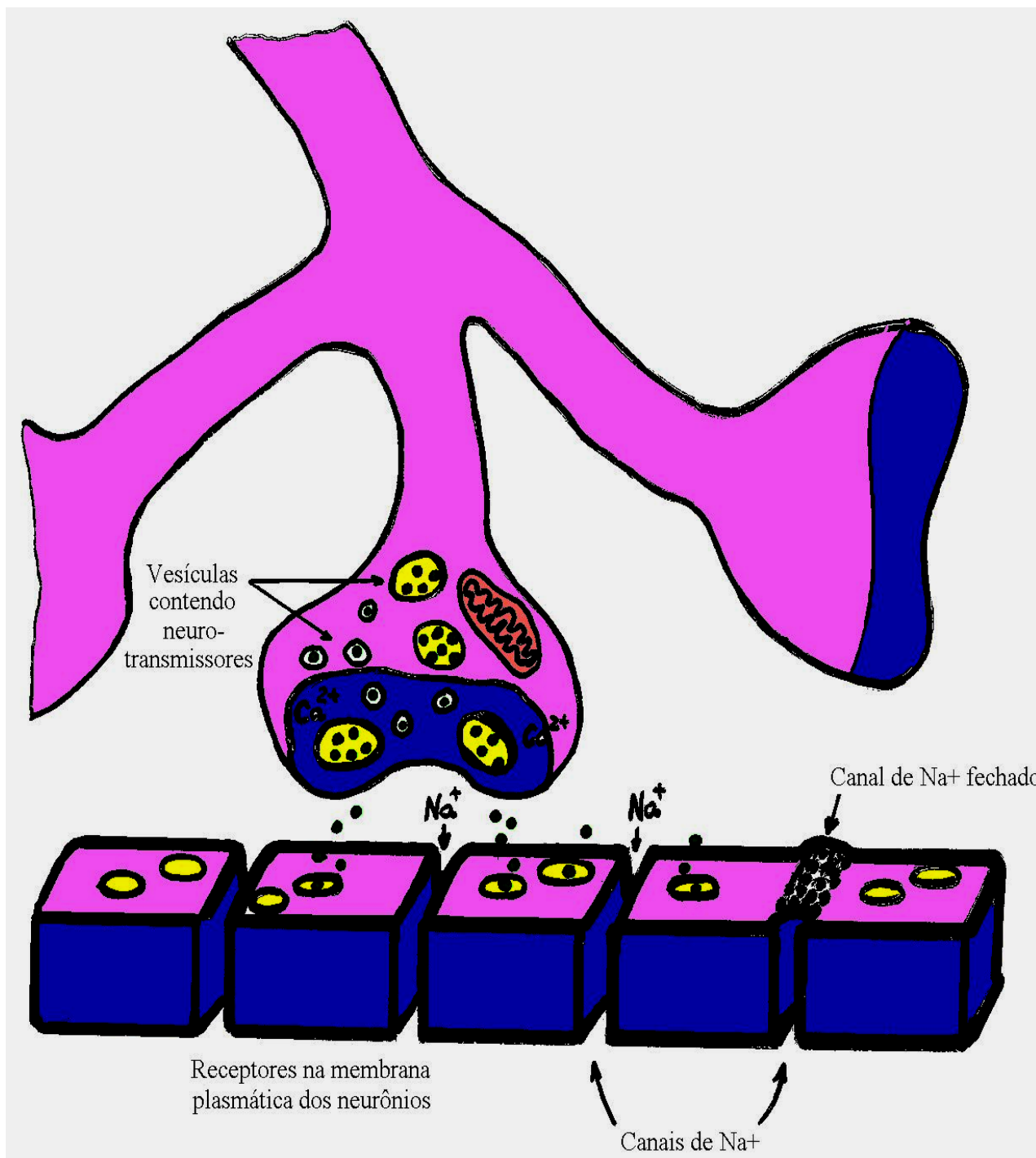


Fig. 4.8 - Liberação de neurotransmissores das vesículas do terminal pré-sináptico. O neurotransmissor se difunde através da fenda, pode combinar-se com receptor e pode deflagrar o impulso nervoso no neurônio pós-sináptico. Acredita-se que da combinação receptor / neurotransmissor resulte em abertura de canais de  $Na^+$ , permitindo sua entrada no axônio.

Há 2 tipos de sinapses: elétrica e química.

1 - **Sinapse elétrica:** o potencial de ação pode ser transmitido diretamente para outra célula, por meio de conexões célula-célula, as "gap junctions". A transmissão do impulso nestas sinapses é muito rápida.

2 - **Sinapse química:** a fenda entre as duas células é de mais de 20nm e o impulso nervoso não consegue "saltar" a fenda para chegar na outra célula. Assim, é necessário que compostos químicos, os **neurotransmissores**, conduzam a mensagem neural através das sinapses. Após atravessar a fenda sináptica, os neurotransmissores ligam-se à receptores específicos na membrana plasmática do neurônio pós-sináptico.