



# Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Departamento de Ciências Exatas e  
Naturais

## 6 – ELETRICIDADE E BIOELETRICIDADE

Física para Ciências Biológicas

Prof. Roberto Claudino Ferreira

# ÍNDICE

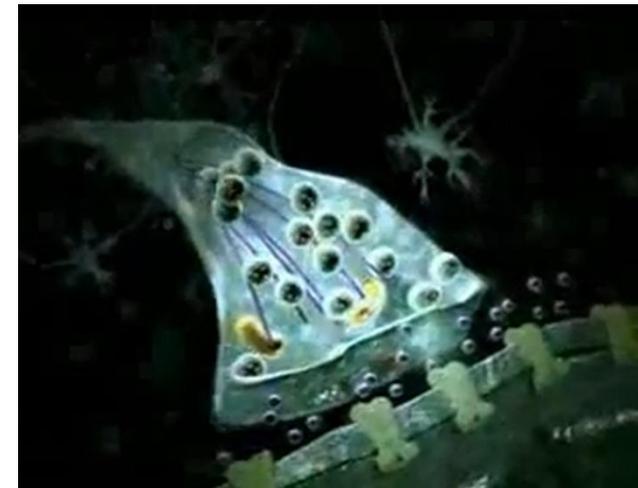
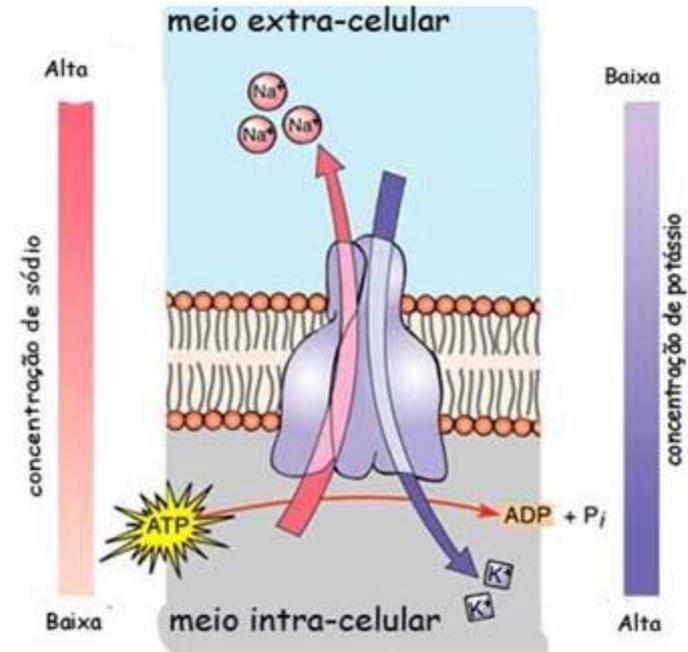
1. Introdução;
2. Processos de eletrização;
3. Força elétrica;
4. Campo elétrico;
5. Potencial Elétrico;
6. Potencial de Repouso;
7. Bomba de sódio;
8. Potencial de Ação.

# OBJETIVO GERAL

Abordar a eletricidade com ênfase nos temas mais gerais e ligados à bioeletricidade.

# 7.1 - INTRODUÇÃO.

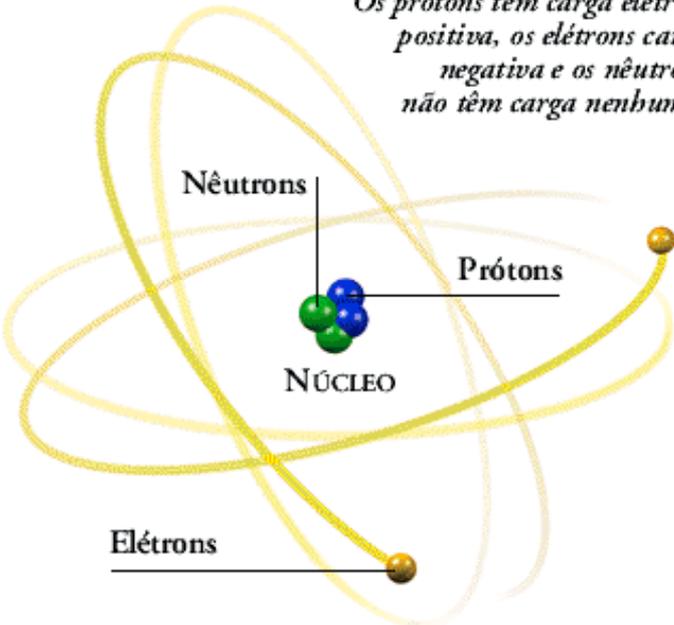
- Entender a eletricidade é crucial na compreensão dos processos físicos e químicos presentes na vida.
- 20 % do metabolismo basal é gasto na manutenção deste processo.
- A sinapse (comunicação entre neurônios) ocorre por impulsos elétricos.



# 7.1 - CARGAS ELÉTRICAS

É uma propriedade intrínseca das partículas fundamentais de que é feita a matéria.

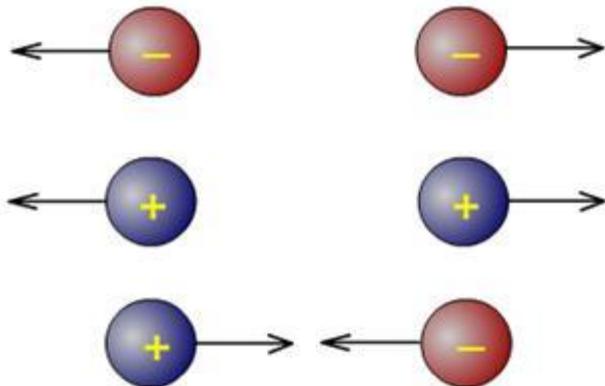
Partículas do átomo  
*Os prótons têm carga elétrica positiva, os elétrons carga negativa e os nêutrons não têm carga nenhuma.*



Corpo neutro: Possui o mesmo número de prótons e elétrons.

Corpo com carga negativa: ganhou elétrons tendo mais elétrons que prótons.

Corpo com carga positiva: perdeu elétrons tendo mais prótons que elétrons.



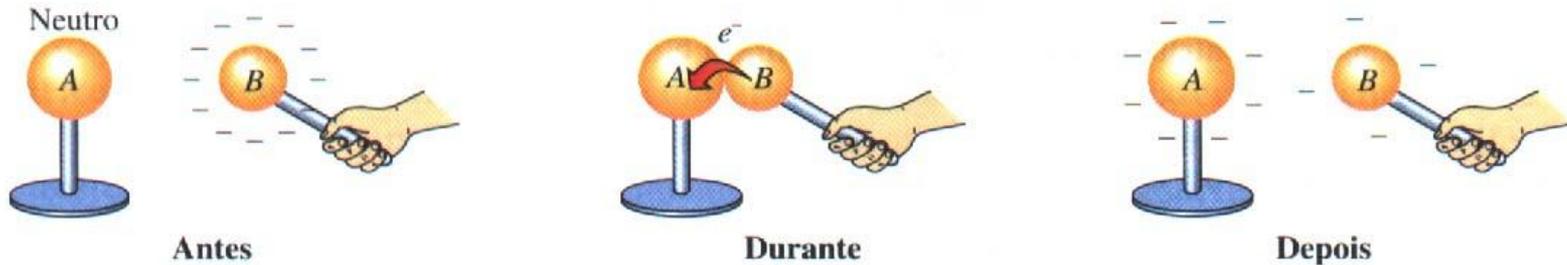
$$e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$q = n \cdot e$$

$$n = 1, 2, 3 \dots$$

# 7.1 - PROCESSOS DE ELETRIZAÇÃO

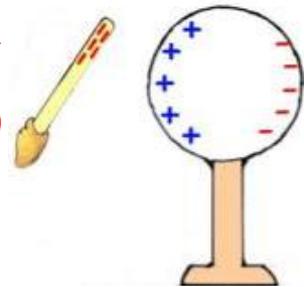
**Contato:** Passagem de cargas de um corpo para o outro por meio de contato físico.



**Atrito:** Transferência de cargas entre corpos que ocorre quando corpos de materiais diferentes são atritados.



**Indução:** Ocorre apenas no ato da aproximação entre um corpo carregado que induz cargas opostas no outro corpo.



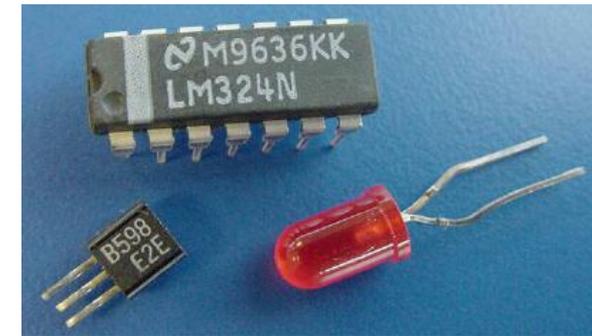
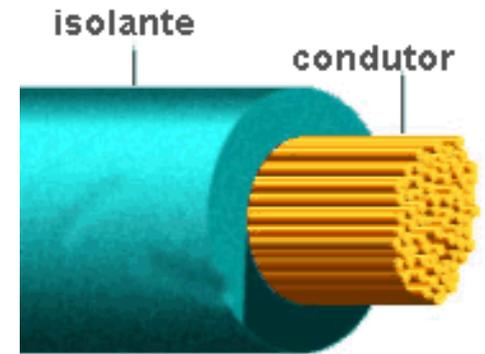
# 7.1 - CONDUTORES E ISOLANTES

**Condutores:** São materiais em que as cargas encontram facilidade de movimentação.

**Isolantes:** São materiais em que as cargas não podem se mover.

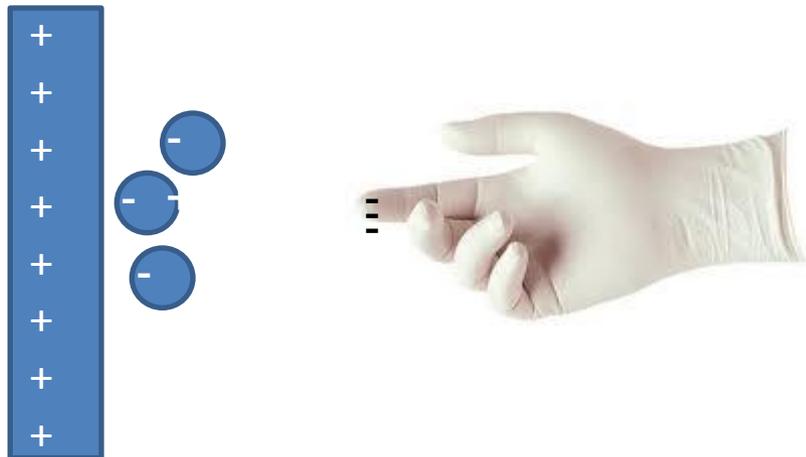
**Semicondutores:** Materiais com propriedades intermediárias.

**Supercondutores:** Materiais nos quais as cargas se movimentam sem encontrar nenhuma resistência.



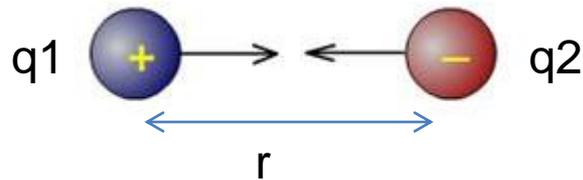
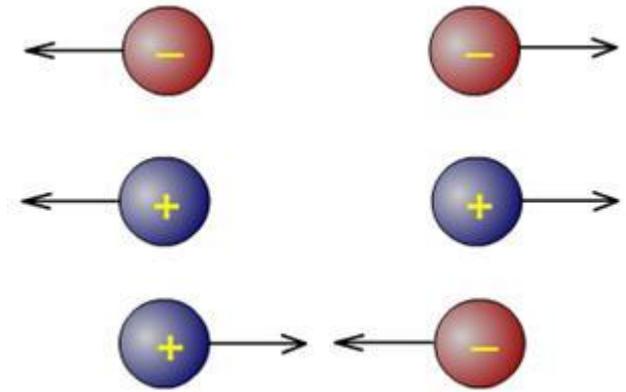
# Contaminação Bacteriana pela Eletrização

Através do processo de indução, a tela de um computador atrai partículas de poeira do ambiente, um toque ou aproximação de um dedo enluvado na tela pode contaminar a mão de um médico no momento de um exame ou cirurgia.



# 7.1 - LEI DE COULOMB

Cargas de sinais opostos se atraem enquanto que cargas de sinais iguais se repelem. Esta força de atração ou repulsão é chamada de força eletrostática e pode ser calculada segundo a Lei de Coulomb dada abaixo.



$$\vec{F} = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2} \hat{r}$$

$$k = 8,99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$$

F = Força Eletrostática;

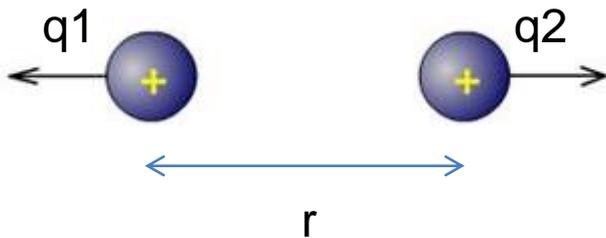
q1 e q2 = cargas;

r = distância entre as cargas;

k = Constante eletrostática.

# 1º Problema

A figura mostra duas partículas positivamente carregadas situadas em pontos fixos do eixo x. As cargas são  $q_1 = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$ ,  $q_2 = 3,20 \times 10^{-19} \text{ C}$  e a distância entre as cargas é  $r = 0,020 \text{ m}$ . Determine o módulo e a orientação da força eletrostática  $\vec{F}_{12}$  exercida pela partícula 2 sobre a partícula 1.



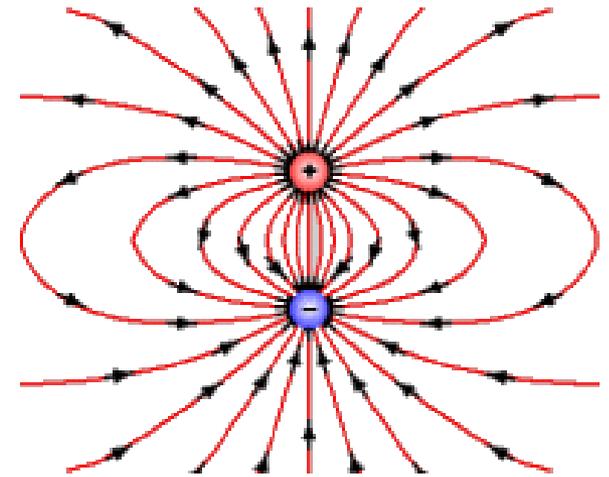
## 2º Problema

O núcleo de um átomo de ferro tem um raio de  $4 \times 10^{-15} \text{ m}$  contém 26 prótons.

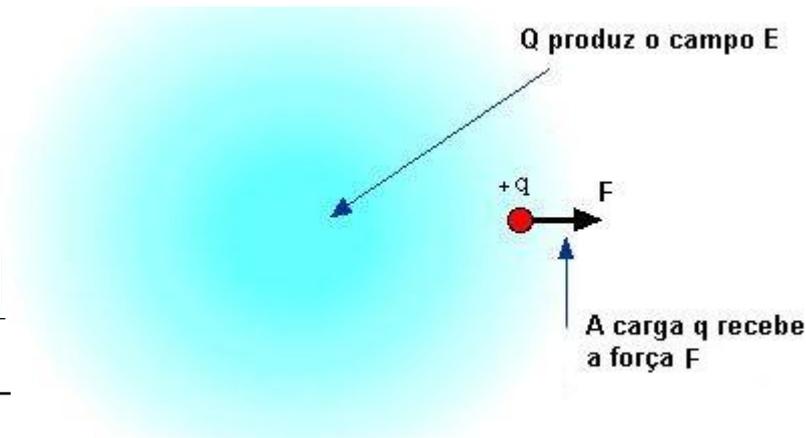
(a) Qual é o módulo da força de repulsão eletrostática entre dois prótons do núcleo de ferro separados por uma distância de  $4 \times 10^{-15} \text{ m}$ ?

# 7.1 - CAMPO ELÉTRICO

É um campo de ação gerado pela força eletrostática. Trata-se de um campo vetorial cujas linhas se afastam das cargas positivas e se aproximam das cargas negativas.



$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{|q_0|}$$
$$\vec{E} = \frac{k \frac{|Q| \cdot |q_0|}{x^2}}{|q_0|}$$



Unidade é o (N/C)

$$\vec{E} = k \frac{|Q|}{x^2}$$

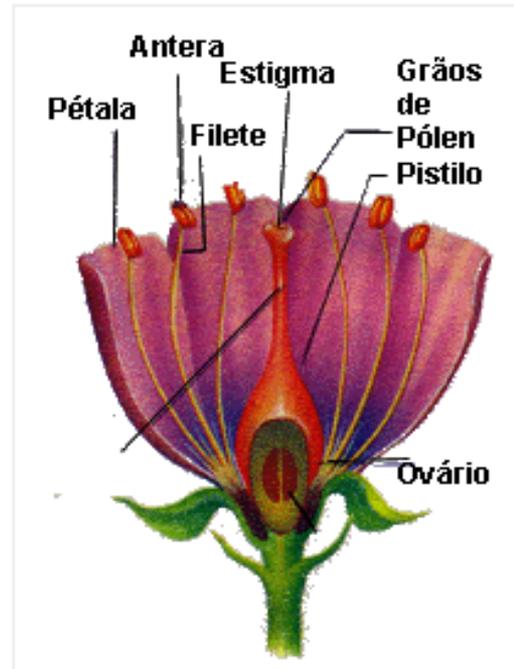
# 7.1 - Polinização e Eletrostática

A habilidade para transportar pólen de flor para flor depende de dois fatores. (1) As



abelhas tornam-se carregadas enquanto voam através do ar. (2) A antera da flor está eletricamente isolada do chão mas o estigma (da flor) está eletricamente conectado ao chão. Quando a abelha paira próximo a antera, o campo elétrico produzido pela carga na abelha induz a carga no grão de pólen neutro, fazendo o lado mais próximo um pouco mais negativo que o lado mais distante. As cargas nos dois lados são iguais mas

suas distâncias da abelha não e a força atrativa no lado mais próximo é levemente mais



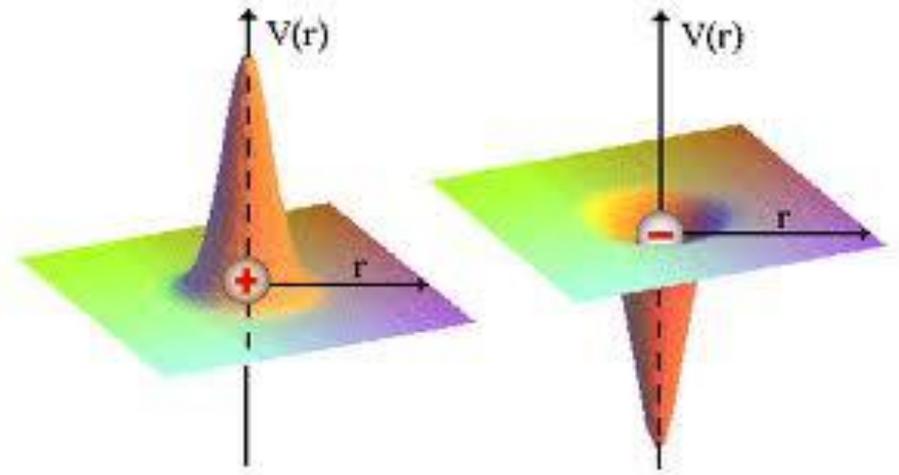
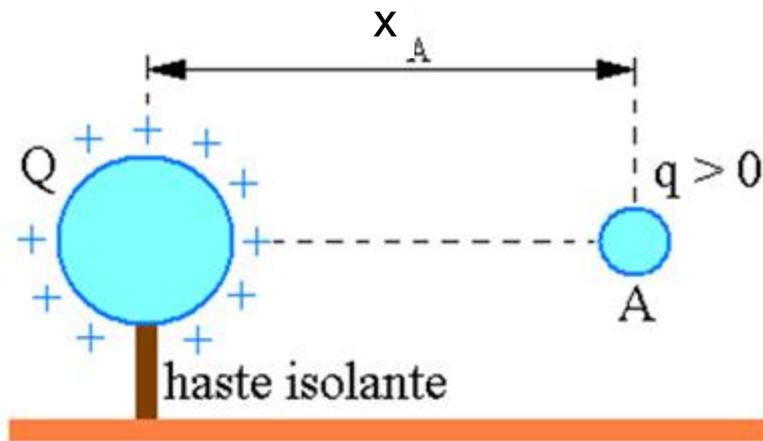
intensa que a força repulsiva no lado mais distante. Como resultado, o grão de pólen é empurrado para abelha, aonde ele se fixa durante o voo da abelha até a próxima flor.

Quando a abelha se aproxima do estigma na próxima flor, a carga na abelha é induziada no grão trazendo elétrons de condução para ponta do estigma porque o estigma está eletricamente conectado ao solo. Estes elétrons atraem o lado mais próximo ao grão e repelem o lado mais distante. Se o grão está próximo o bastante do estigma, a força resultante faz com que o grão salte para o estigma, iniciando a fertilização da flor. Engenheiros agrônomos atualmente simulam este processo através da pulverização de grãos de pólen carregados, desde modo estes grãos fixam se no estigma ao invés de caírem no solo e

perderem-se.

# 7.2 - POTENCIAL ELÉTRICO

É a capacidade que um corpo energizado tem de atrair ou repelir outras cargas elétricas.



$$V_A = k \frac{Q}{x_A}$$

$$V_A = -E\Delta x$$

V = Potencial Elétrico;

Q = carga;

x = distância entre as cargas;

k = Constante eletrostática.

Unidade é o Volt (V)

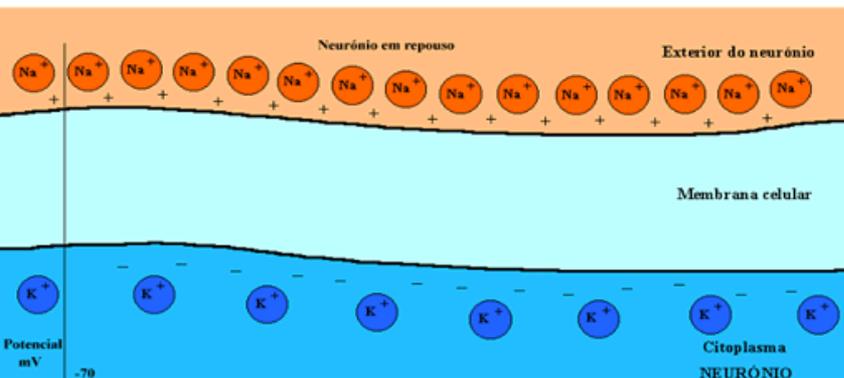
## 3º Problema

Considere um campo elétrico uniforme de intensidade  $E = 5,0 \text{ M N/C}$ . calcule:

- A variação do potencial elétrico quando um cátion monovalente se desloca, no sentido das linhas de força, entre dois pontos separados por uma distância de  $60 \text{ \AA}$ .
- A variação de energia potencial em eV;
- Repita os cálculos dos itens a e b para um ânion monovalente.

# 7.3 – POTENCIAL DE REPOUSO

É a diferença de potencial entre o meio exterior e interior celular, logo trata-se do potencial na membrana celular quando não está sendo atravessada por um impulso nervoso.

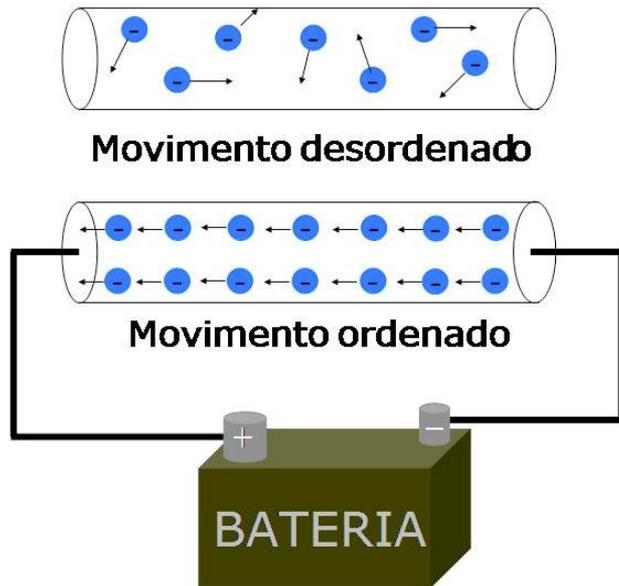


Concentrações iônicas de uma célula muscular de rã.

Íon	Concentração C(1) fora da célula (10 <sup>-3</sup> mol/l)	Concentração C(2) no interior da célula (10 <sup>-3</sup> mol/l)
K <sup>+</sup>	2,25	124
Na <sup>+</sup>	109	10,4
Ca <sup>++</sup>	2,1	4,9
Mg <sup>++</sup>	1,25	14,0
Cl <sup>-</sup>	77,5	1,5
HCO <sub>3</sub>	26,6	12,4
Íons orgânicos	13	74

# 7.4 – CORRENTE ELÉTRICA

É um movimento ordenado de cargas elétricas devido a uma diferença de potencial.



$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

Unidade é o Ampere (A)

A propriedade de resistir a passagem da corrente elétrica é chamada de resistência elétrica.

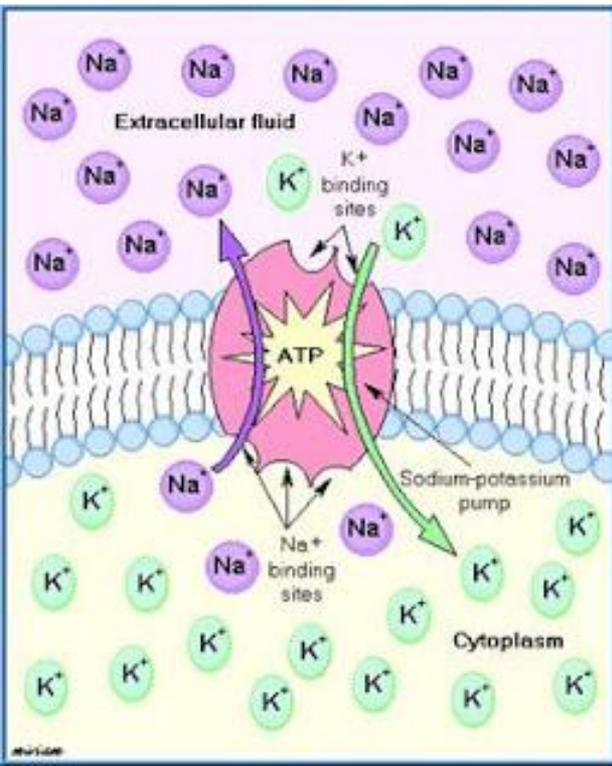
$$R = \frac{U}{I} \quad \text{Unidade é o Ohm } (\Omega)$$

O fluxo de corrente por uma determinada seção é a densidade de corrente.

$$J = \frac{I}{A} \quad \text{Unidade é em } (A/m^2)$$

# 7.5 – BOMBA DE SÓDIO

Mecanismo existente na membrana celular (ativado por uma proteína transportadora) cujo objetivo é manter as diferentes concentrações de sódio e potássio dentro e fora da célula para a manutenção do potencial de repouso.



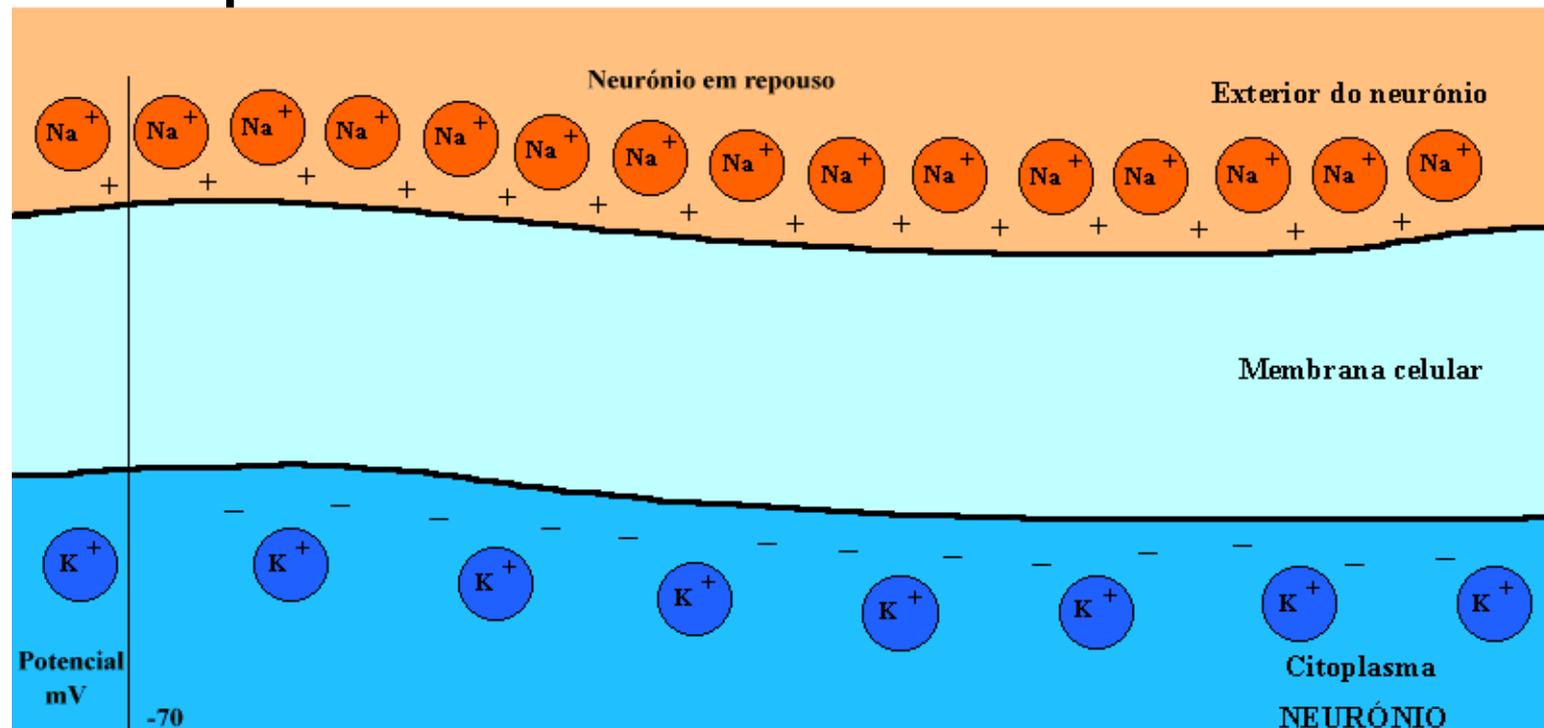
Uma bomba de sódio pode transportar 200 Na<sup>+</sup> para dentro da célula e 130 K<sup>+</sup> para fora da célula. Cada Neurônio possui cerca de um milhão de bombas de sódio que pode transportar 200 milhões de Na<sup>+</sup>.

[Vídeo : Bomba de Potássio e Sódio](#)

**4º Problema:** Estime a corrente elétrica de uma bomba de sódio através da membrana de um neurônio sabendo que, cada bomba de sódio de um neurônio pode transportar por segundo até 200 Na<sup>+</sup> para fora e 130 K<sup>+</sup> para dentro da célula e que este neurônio possui 10 mega bombas de sódio.

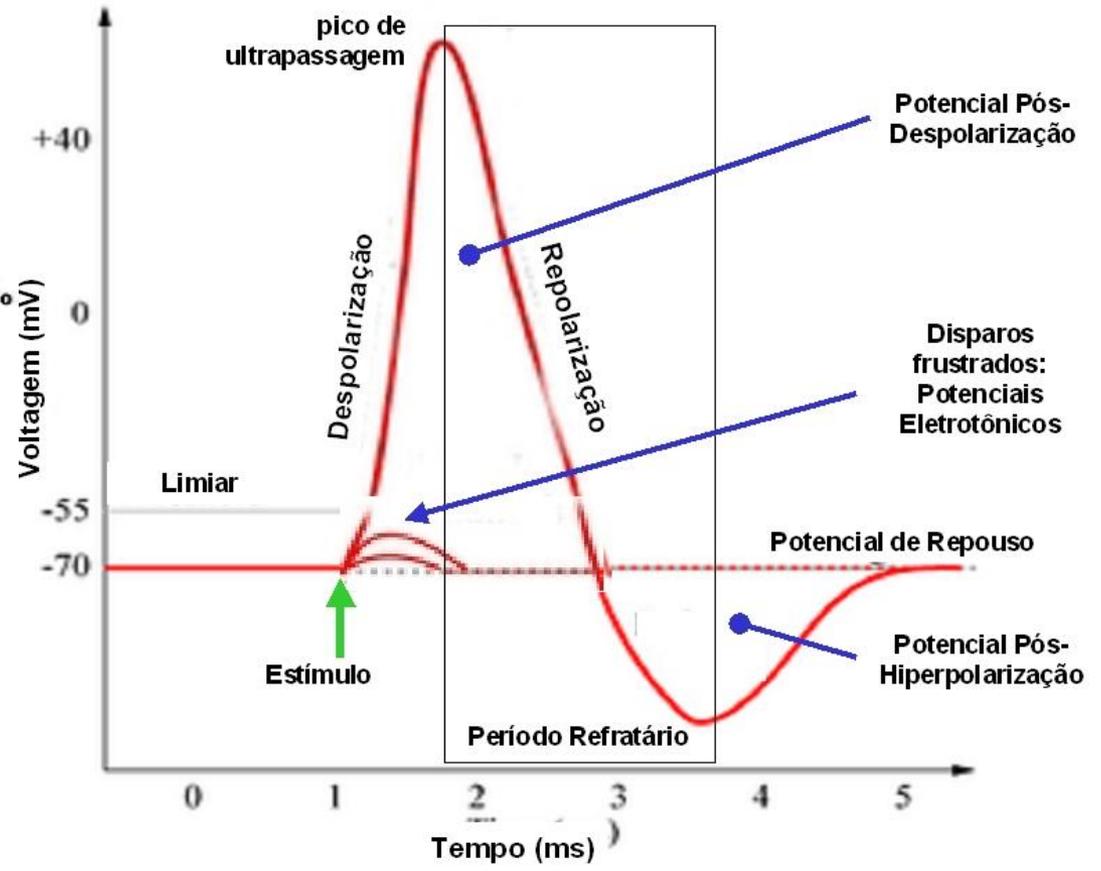
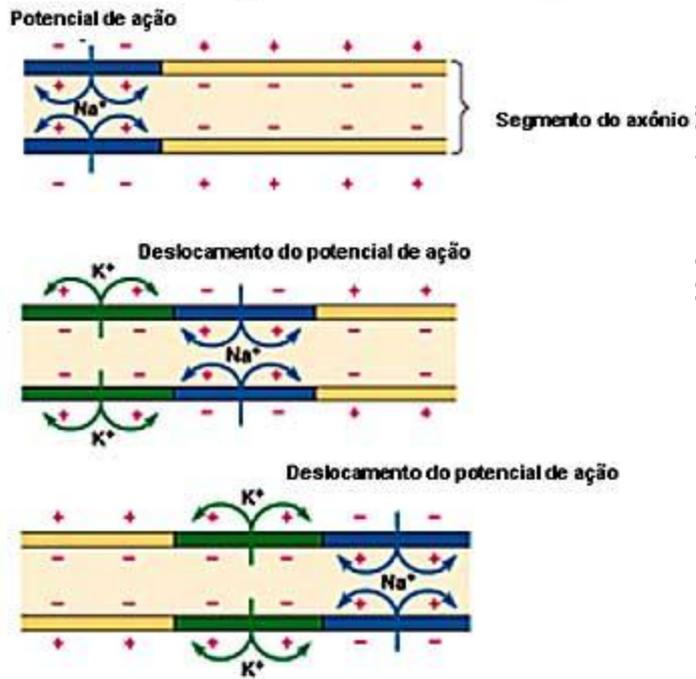
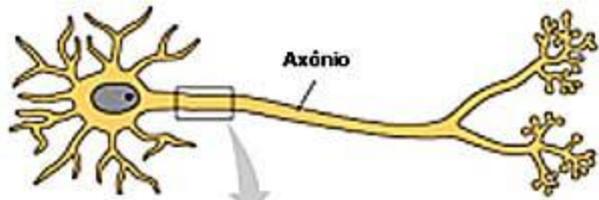
## 7.6 – POTENCIAL DE AÇÃO

Na ausência de perturbações externas o potenciais das membranas ( $V_m$ ) permanecem em repouso ( $V_o$ ). O **potencial de ação** é uma variação de potencial na membrana celular que surge com um estímulo externo ( $V$ ) que ocorre de forma rápida e momentânea. Assim  $V_m = V_o + V$



# 7.7 – PROPAGAÇÃO DO POTENCIAL DE AÇÃO

Deslocamento do impulso elétrico ao longo do axônio.



## 5º Problema:

Calcule, aproximadamente, a velocidade de propagação, ao longo axônio, do potencial de ação mostrado na figura abaixo.

