



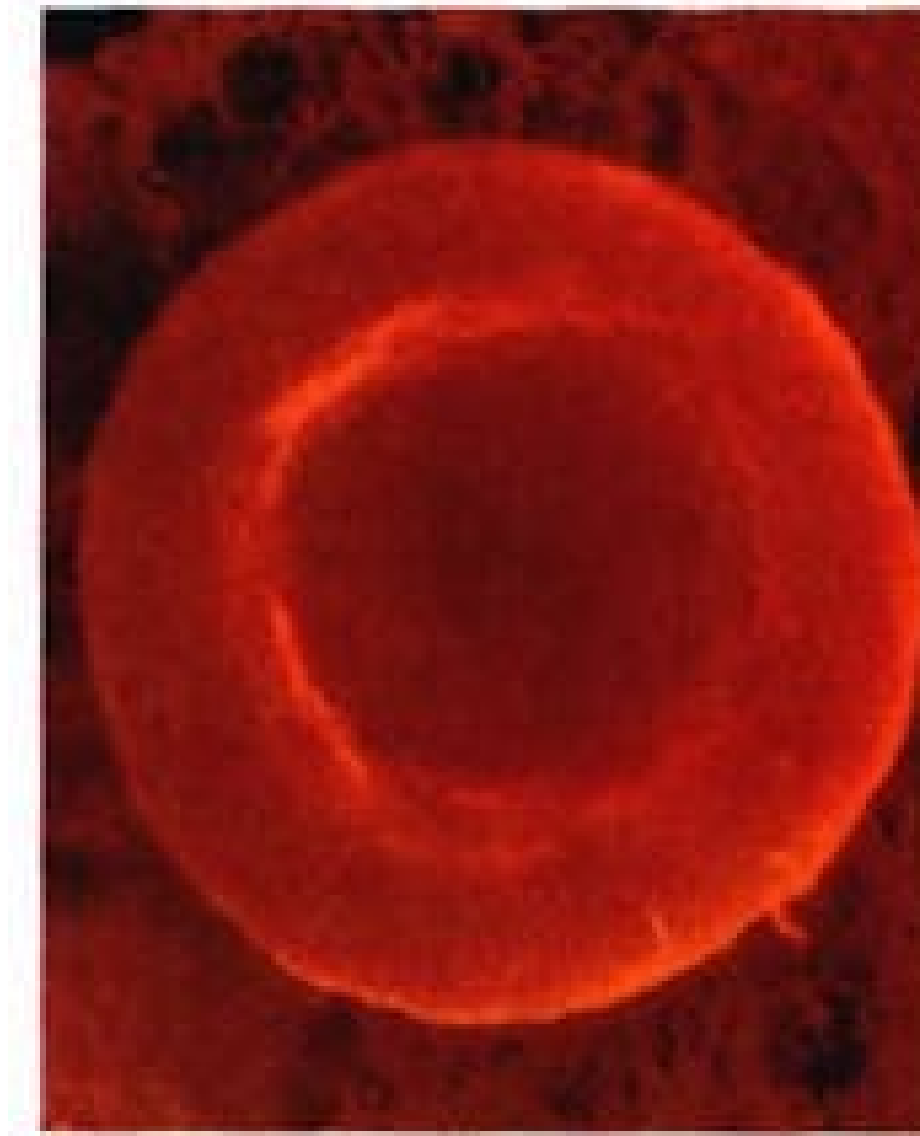
Osmose, osmolaridade e tonicidade: transporte de água e regulação do volume celular

Fisiologia I –RCG0214

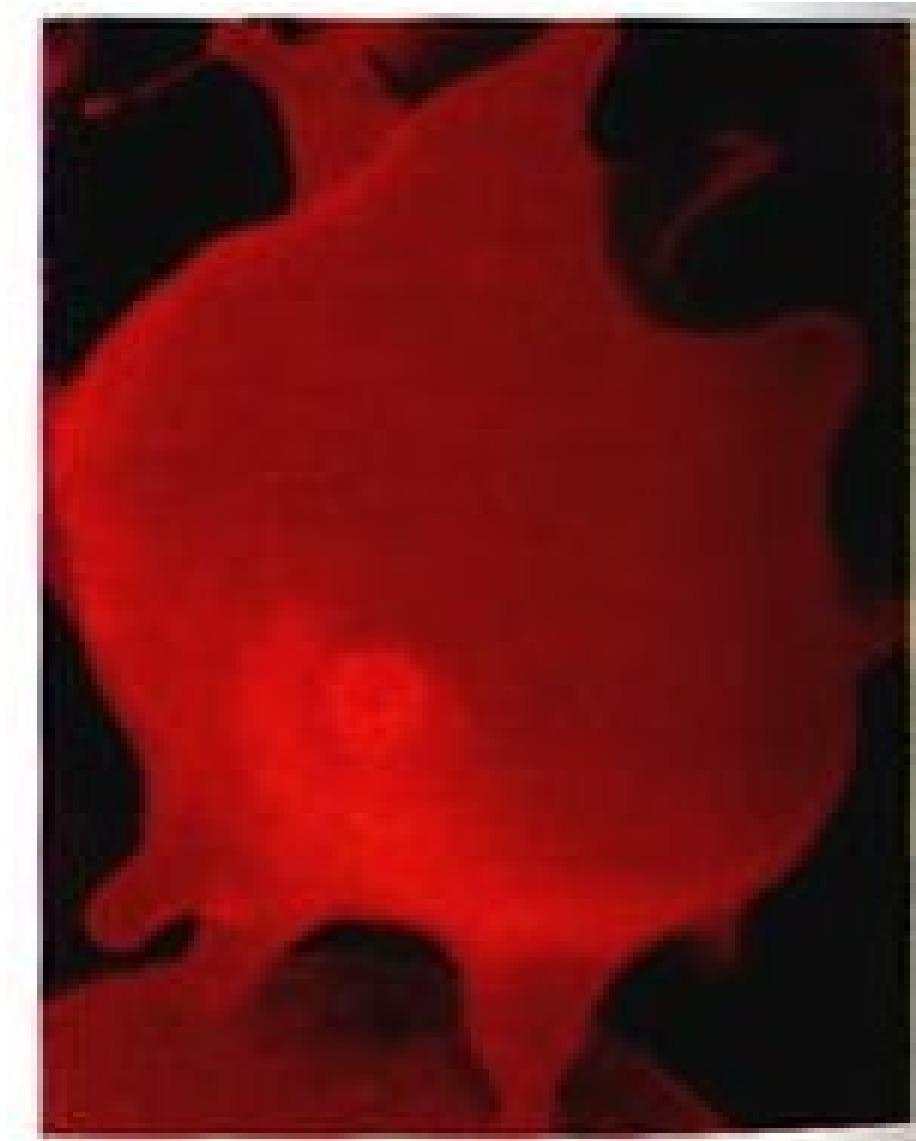
Medicina – RP

Prof. Ricardo Leão – Departamento de Fisiologia – FMRP-USP

Era uma vez uma hemácia feliz em uma solução de **150 mM NaCl**...



...que foi transportada para uma solução de 250 mM NaCl...



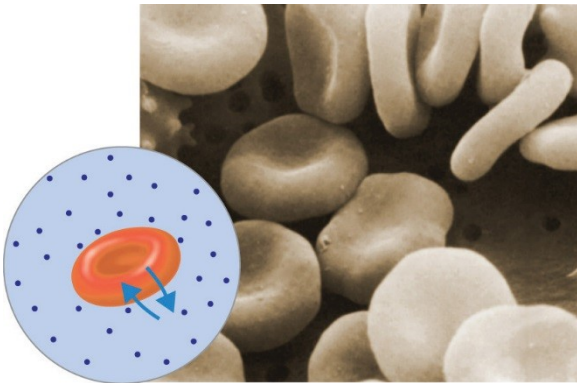
... e depois para uma solução de 100 mM NaCl.



TONICIDADE

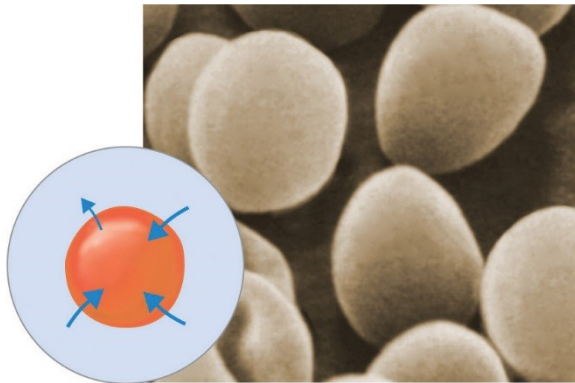
Definição menos específica: Capacidade de uma solução de reduzir ou aumentar o volume celular

Isotônica



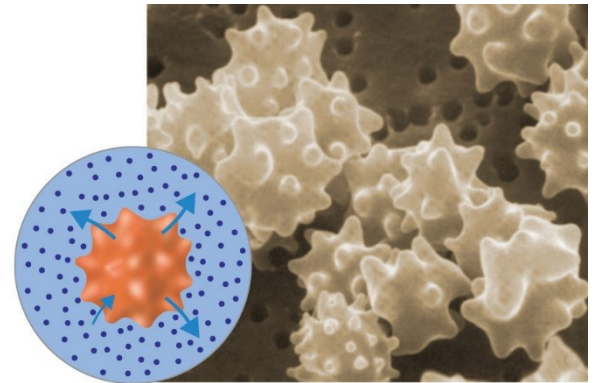
(a) Cells in dilute salt solution

Hipotônica



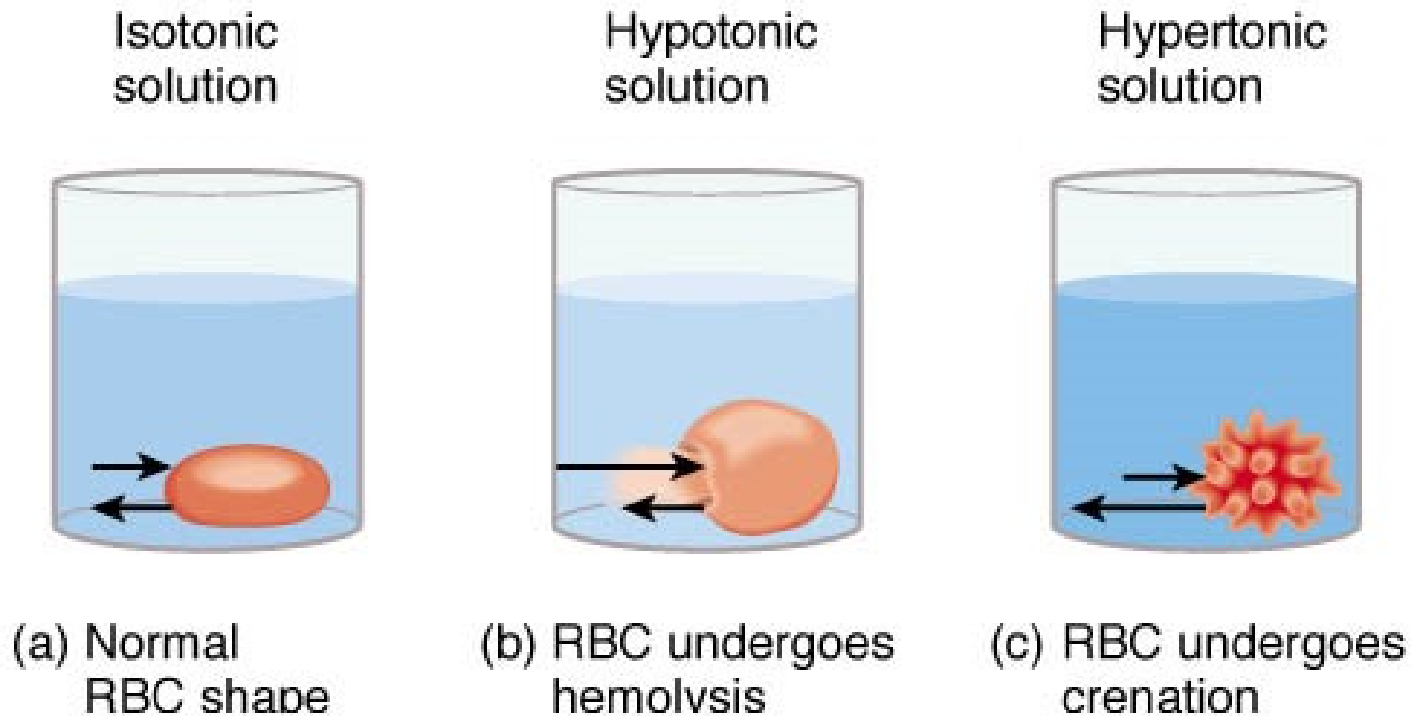
(b) Cells in distilled water

Hipertônica



(c) Cells in concentrated salt solution

O fluxo líquido de **água** através da membrana é responsável pela alteração do volume celular.



COMO SE DÁ O FLUXO DE ÁGUA ATRAVÉS DA MEMBRANA?

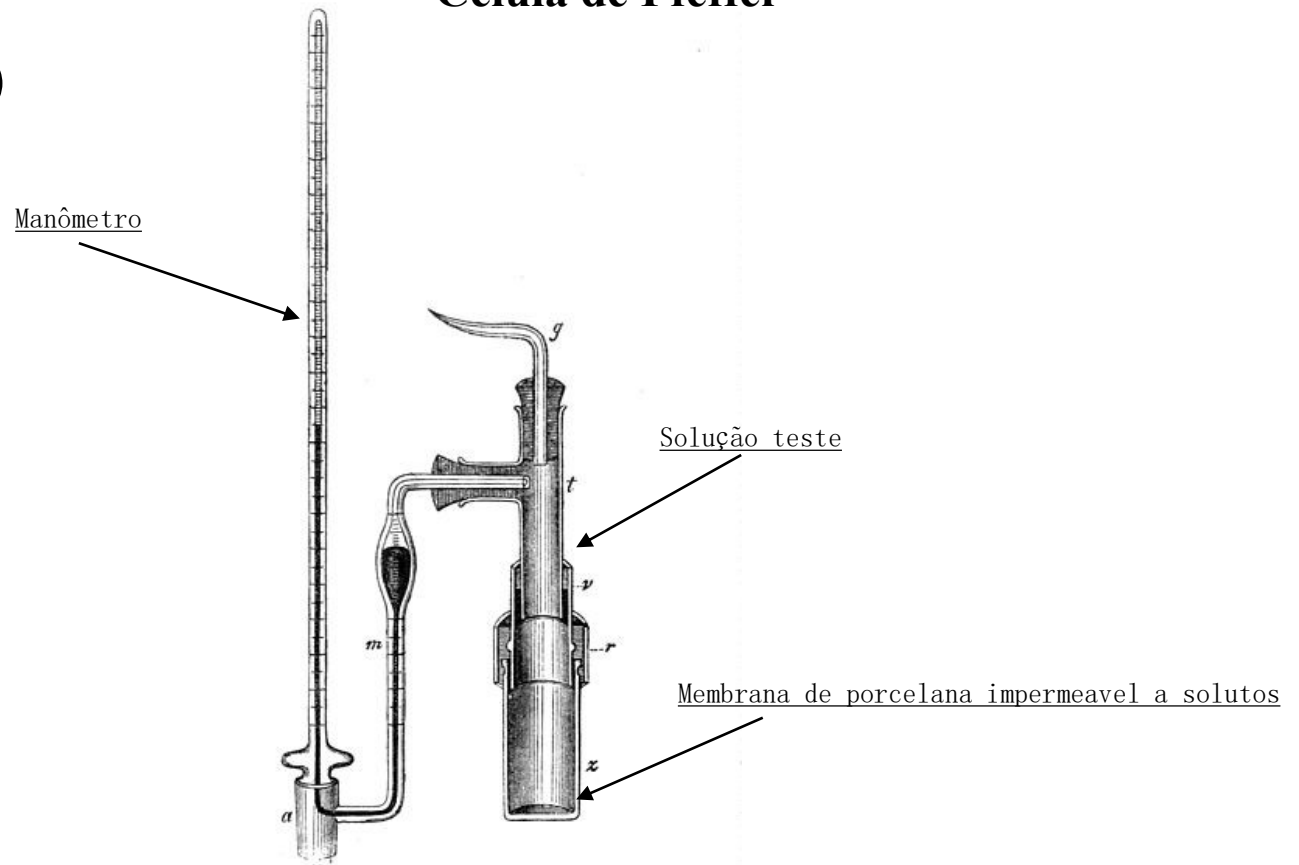
Vamos falar de osmose, osmolaridade e
pressão osmótica...



Wilhelm Pfeffer (1877)

Estudos pioneiros sobre a pressão desenvolvida pelo fluxo passivo de água através de uma membrana semi-permeável (**osmose**).

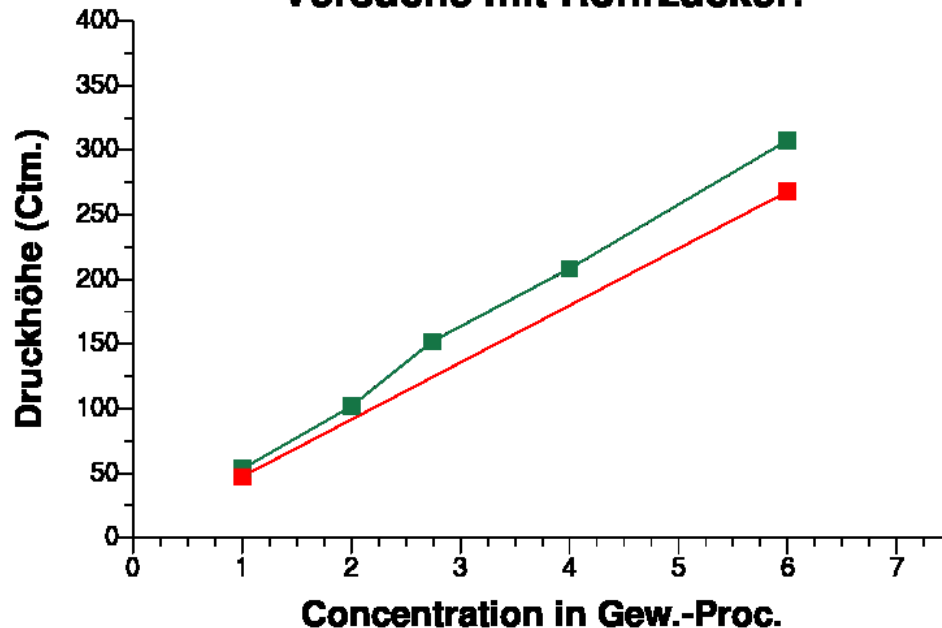
Célula de Pfeffer



PFEFFER VIU QUE A PRESSÃO DESENVOLVIDA VARIA LINEARMENTE COM A CONCENTRAÇÃO DO SOLUTO

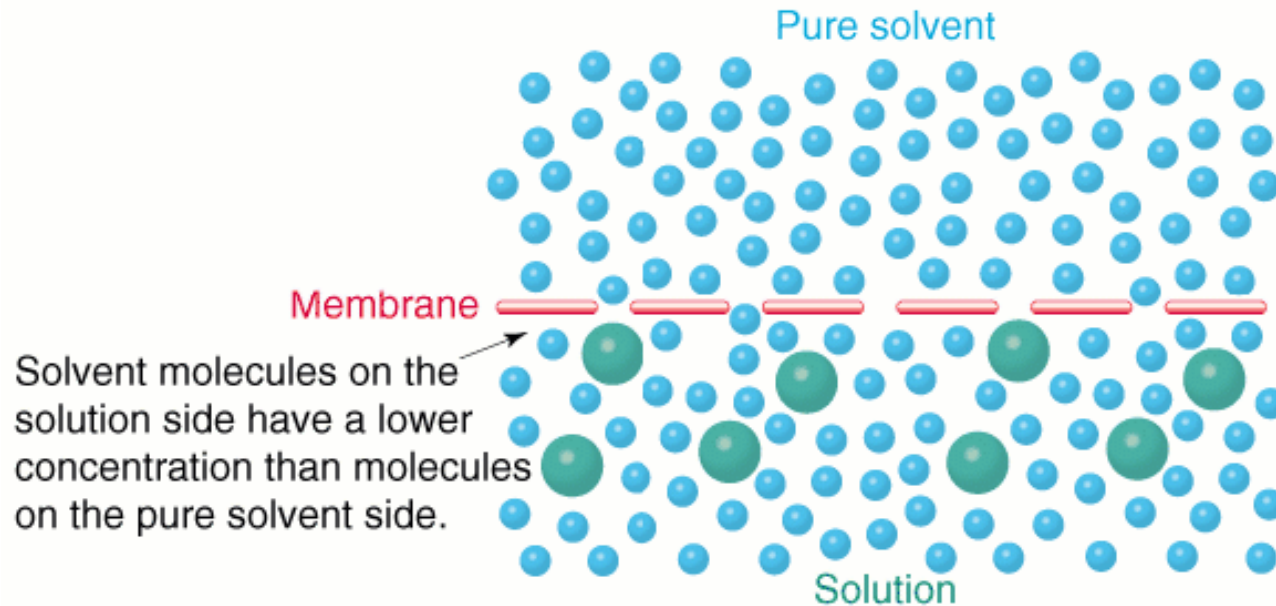
Altura da coluna de mercúrio (pressão) em relação a concentração de sacarose = **pressão osmótica**

Tabelle 9
Versuche mit Rohrzucker.



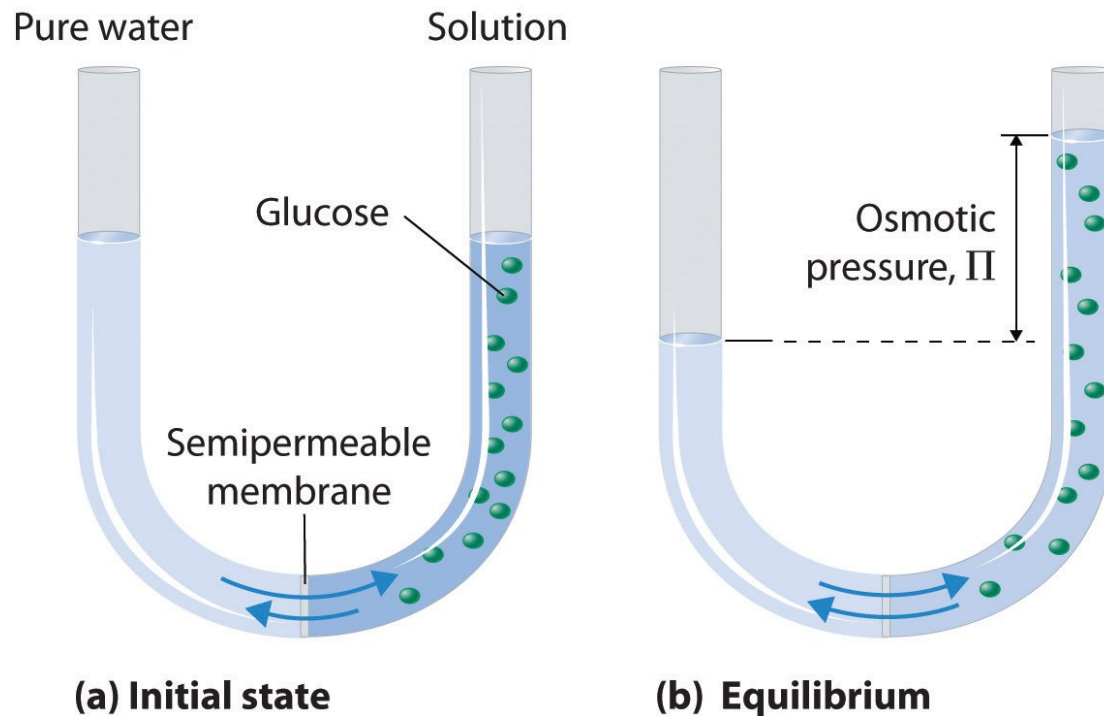
Osmose

- Osmose é definido como o fluxo de água através de uma **membrana semipermeável**
 - Membrana semipermeável: membrana permeável ao solvente (água) mas **não** aos solutos



Osmose

O fluxo ocorre de onde a concentração do soluto é MENOR para onde a concentração do soluto é MAIOR

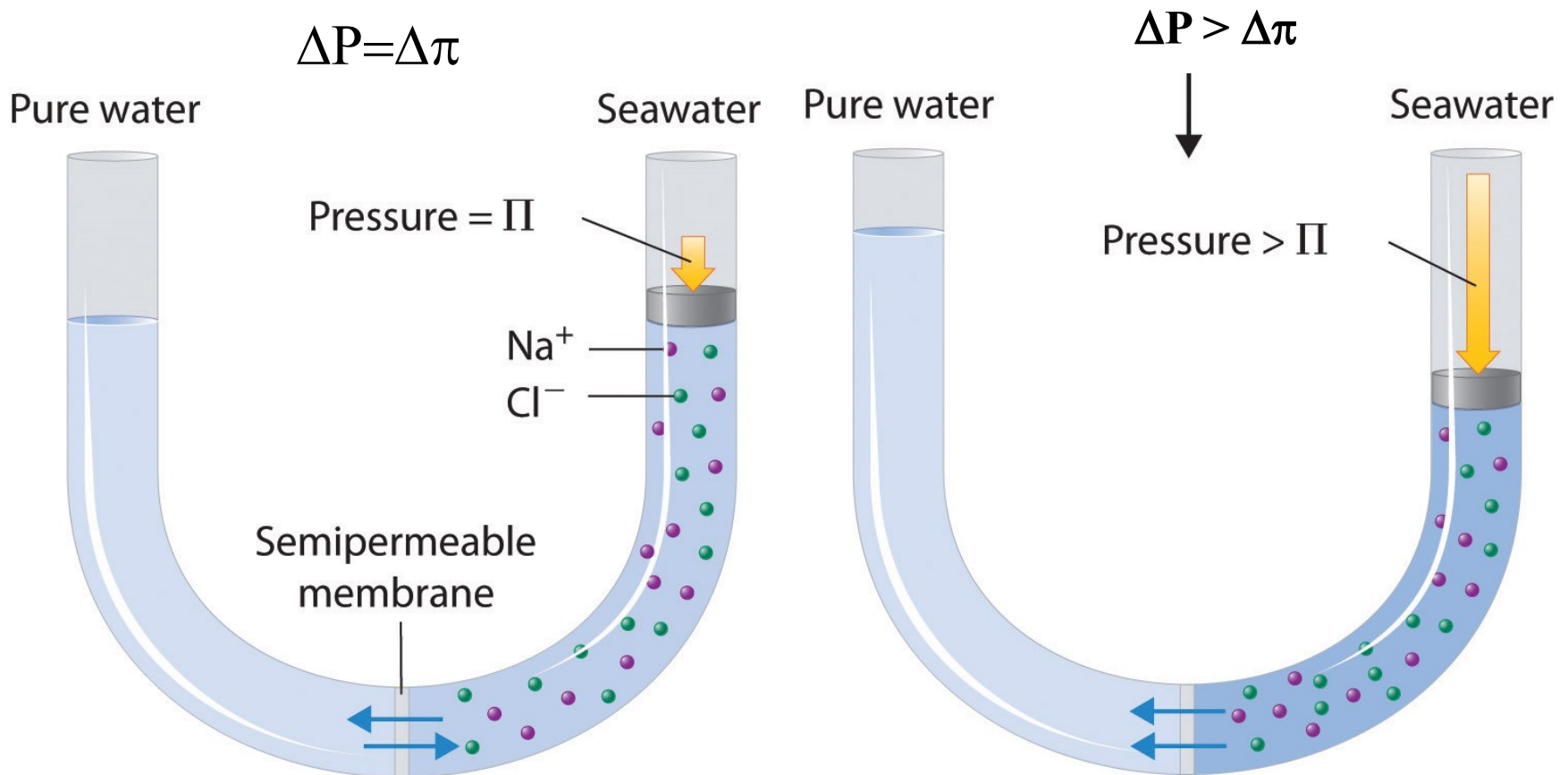


$$J_v = L_p \Delta \pi$$

- O fluxo (J_v) de água através da membrana semipermeável é dado pela equação acima, onde L_p é o coeficiente de permeabilidade hidráulica da membrana e $\Delta \pi$ diferença de pressão osmótica entre os dois compartimentos

Pressão Osmótica ($\Delta\pi$) da Solução como sendo igual aquela Pressão Hidrostática (ΔP) que **EQUILIBRA O SISTEMA $\Delta\pi = \Delta P$**

Osmose reversa = $\Delta P > \Delta\pi$



A pressão osmótica (π) é derivada da **osmolaridade**

Osmolaridade representa o número de partículas de uma solução por litro

$$\text{Osmolaridade (Osm)} = \phi i C$$

ϕ = coeficiente osmótico* * ~1 para maioria dos solutos fisiológicos em baixas concentrações; maior para proteínas

i =número de partículas dissociadas

C =concentração Molar do soluto

1 M sacarose = 1 Osmol/l

2 M glicose = 2 Osmol/l

1M NaCl = 2 Osmol/l

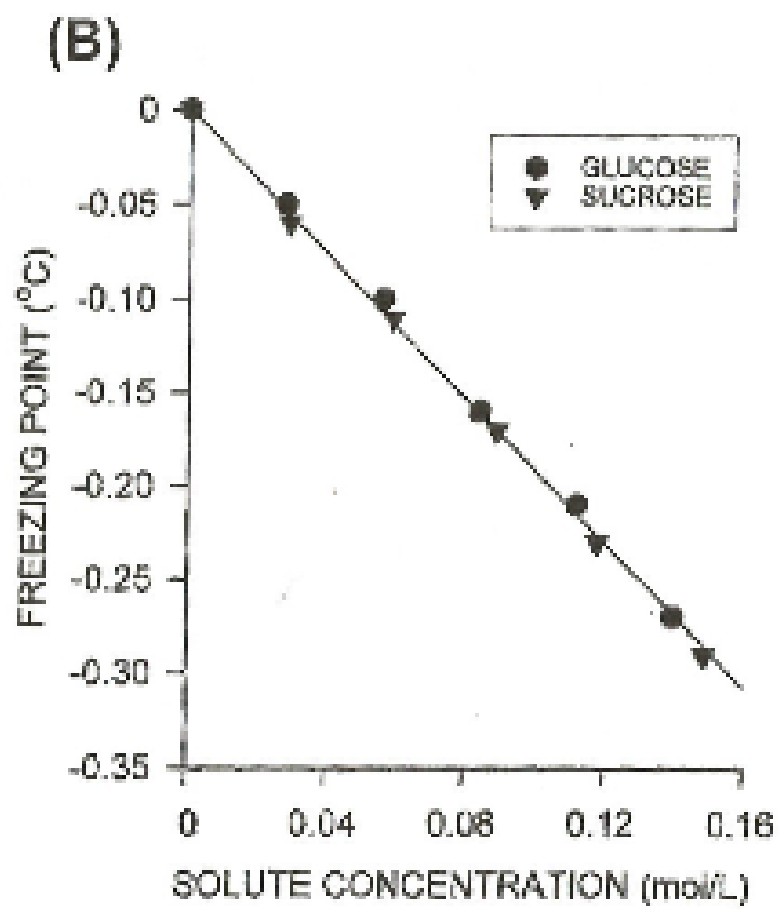
1M CaCl₂ = 3 Osmol/l

Pressão osmótica (π)

Equação de van't Hoff : $\pi = RT(Osm)$

A pressão osmótica é uma propriedade coligativa da solução

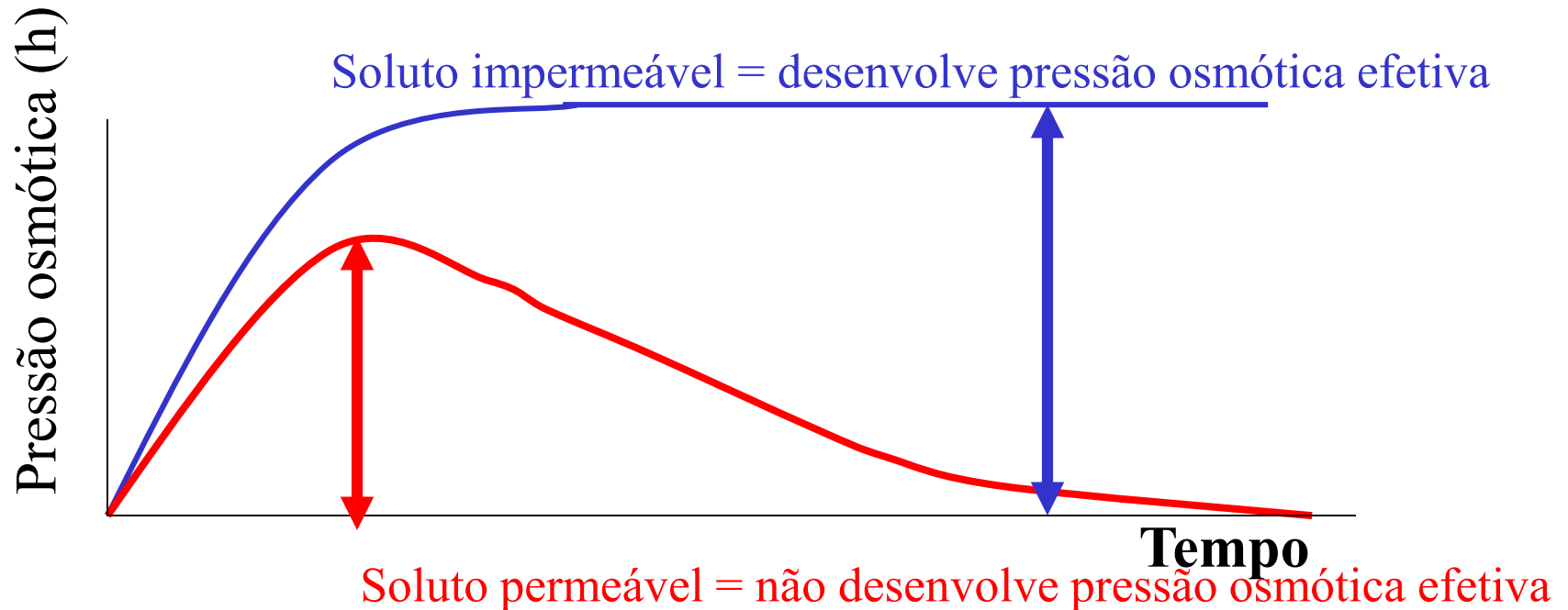
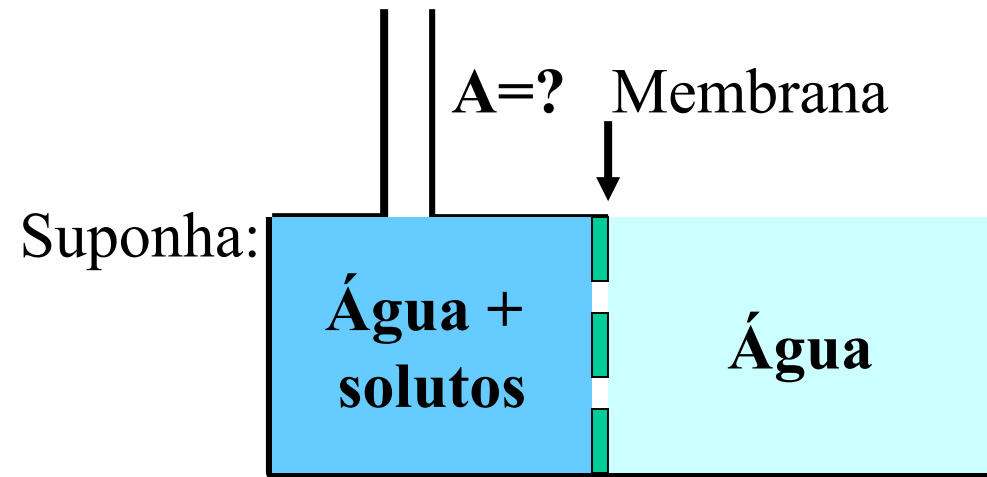
- As propriedades coligativas se originam de uma queda do potencial químico da água.
- Outras propriedades coligativas
 - Pressão de vapor
 - Ponto de fusão
 - Ponto de ebulição
- **Osmômetros** usam algumas dessas propriedades coligativas para determinar a osmolaridade



Osmômetro de pressão de vapor



Gerando PRESSÃO OSMÓTICA

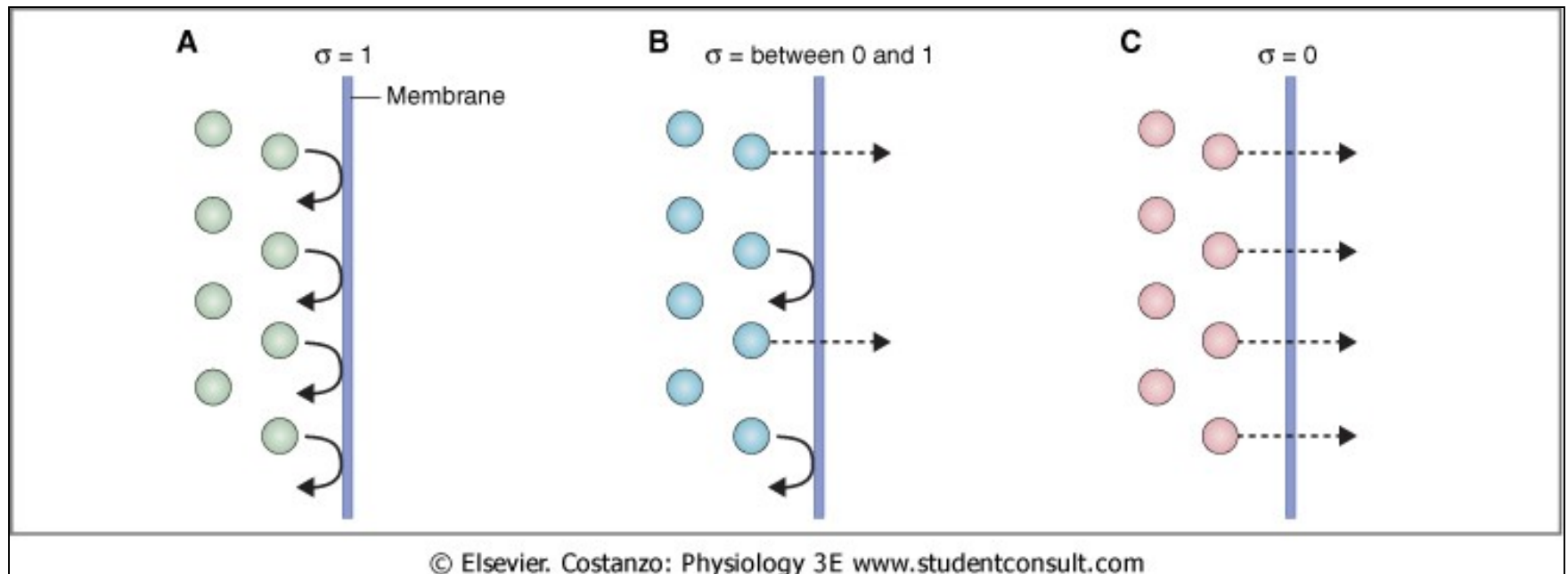


A permeabilidade de um soluto a uma determinada membrana é determinada pelo seu **coeficiente de reflexão (σ)**

$$\sigma = \frac{P}{\pi} = \frac{\Delta P}{\Delta \pi}$$

σ é dependente de um soluto em particular em relação a uma determinada membrana.

Pressão osmótica (π) = $RT\sigma(\text{osmolaridade})$



CLASSIFICANDO SOLUÇÕES

Padrão de comparação = PLASMA - $P_{\text{osm}} \approx 290 \text{ mOSm/l}$

A) Quanto a Osmolaridade

Compara-se número de partículas/volume
propriedade da solução unicamente!

B) Quanto a Tonicidade

Compara-se a capacidade de desenvolver **pressão osmótica efetiva - propriedade do sistema soluto-membrana.**

É Dependente de σ

CLASSIFICANDO SOLUÇÕES

Padrão de comparação = PLASMA - $P_{\text{osm}} \approx 290 \text{ mOsm/l}$

Quanto a osmolaridade

Sacarose $\sigma = 1,0$

290 mM sacarose = 290 mOsm/l

Uréia $\sigma = 0,05$

290 mM uréia = 290 mOsm/l

soluções ISOSMÓTICAS

Quanto a tonicidade

290 mM sacarose = $RT\sigma(\text{Osm}) = 25 \cdot 1 \cdot (0,29) = 7,25 \text{ atm}$

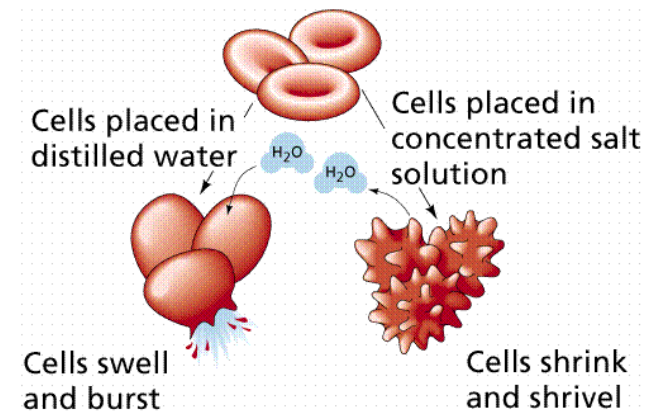
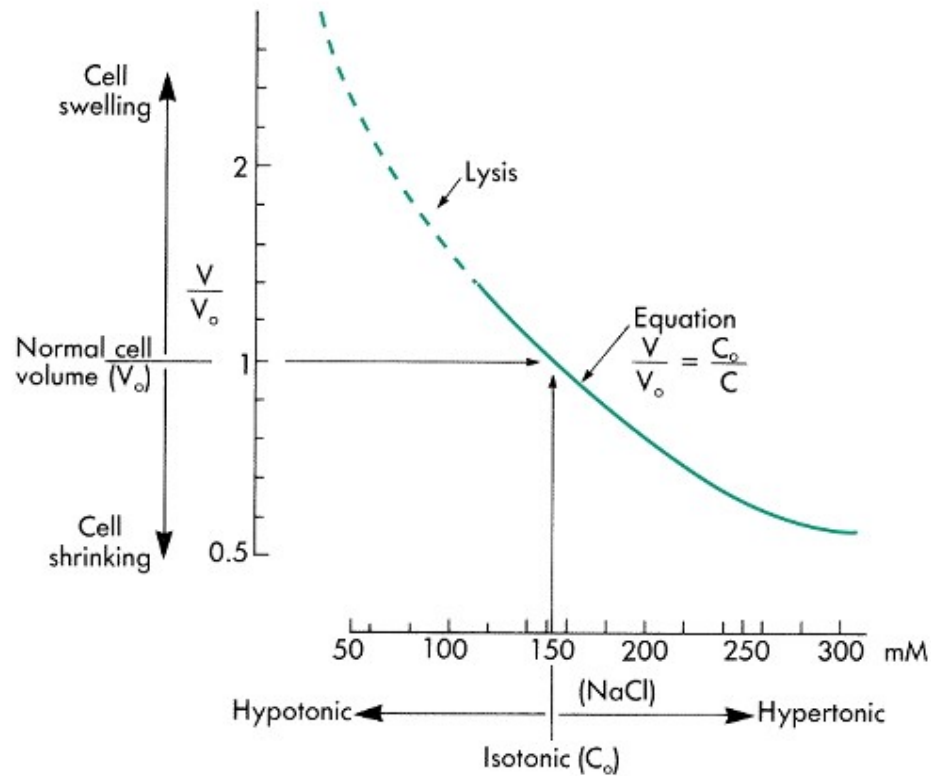
290 mM uréia = $RT\sigma(\text{Osm}) = 25 \cdot (0,05) \cdot (0,29) = 0,36 \text{ atm}$

Obs: $RT \sim 25 \text{ L.atm/mol}$ a 37°C

Sol. Sacarose ISOTÔNICA

Sol. Uréia HIPOTÔNICA

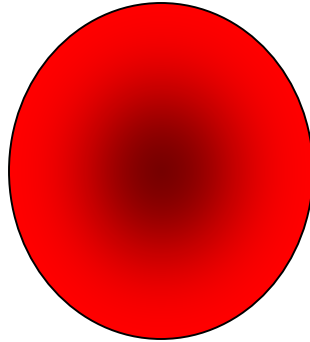
As hemácias como sensores de tonicidade



As hemácias como sensores de tonicidade

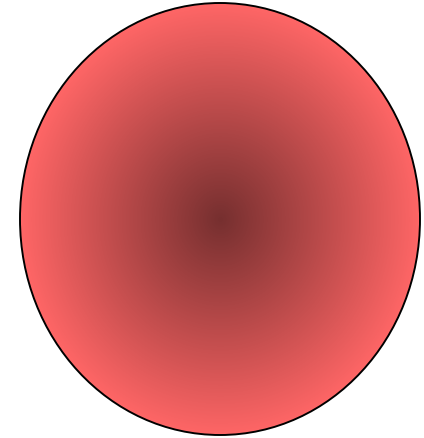
Sacarose $\sigma = 1$

Em 290 mOsm
sacarose ($\pi = 7,25$ atm) →



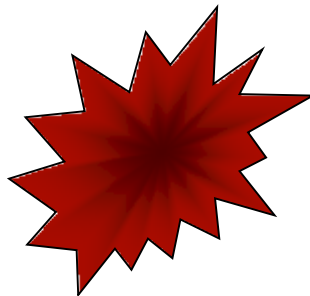
Sol. Isoosmótica e isotônica

Em 100 mOsm
sacarose ($\pi = 2,5$ atm) →



Sol. hipoosmótica e hipootônica

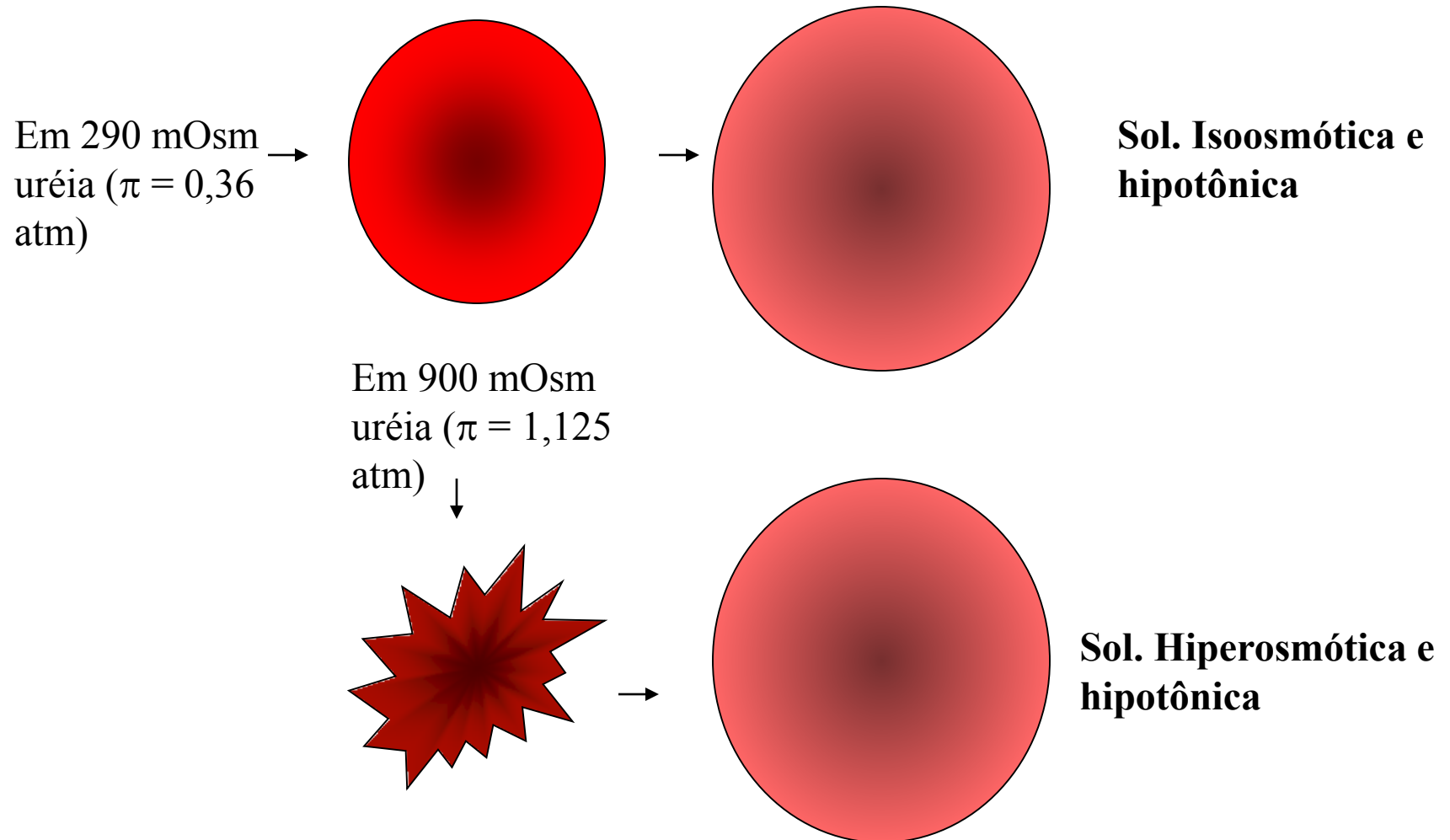
Em 900 mOsm
sacarose (22,5 atm) ↓



Sol. Hiperosmótica e hiperotônica

As hemácias como sensores de tonicidade

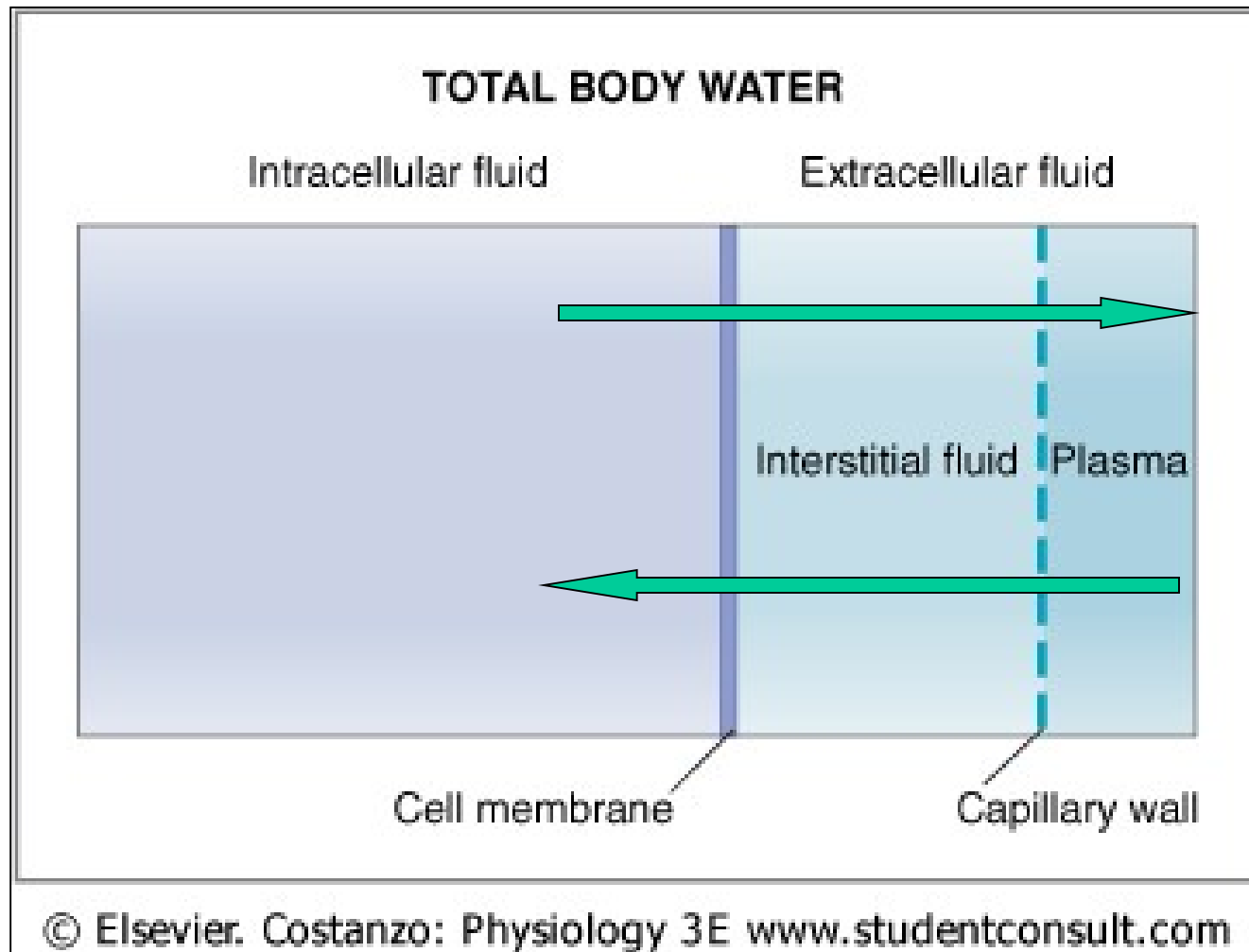
Uréia $\sigma \sim 0,05$





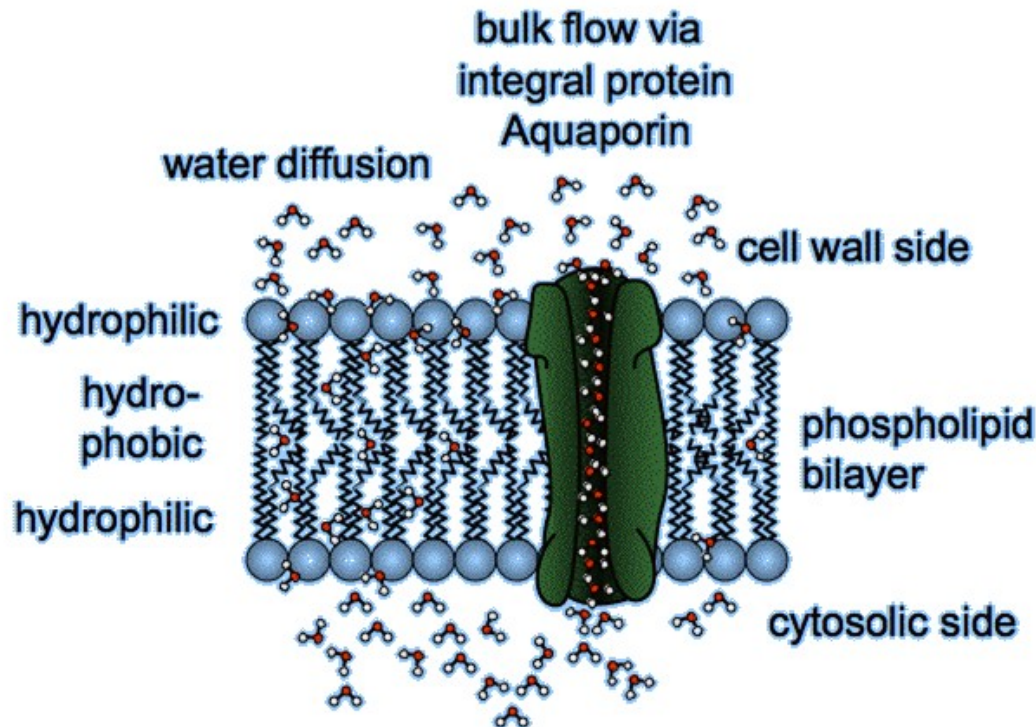
Como a água se movimenta
através das membranas?

A água se difunde igualmente pelos diferentes compartimentos

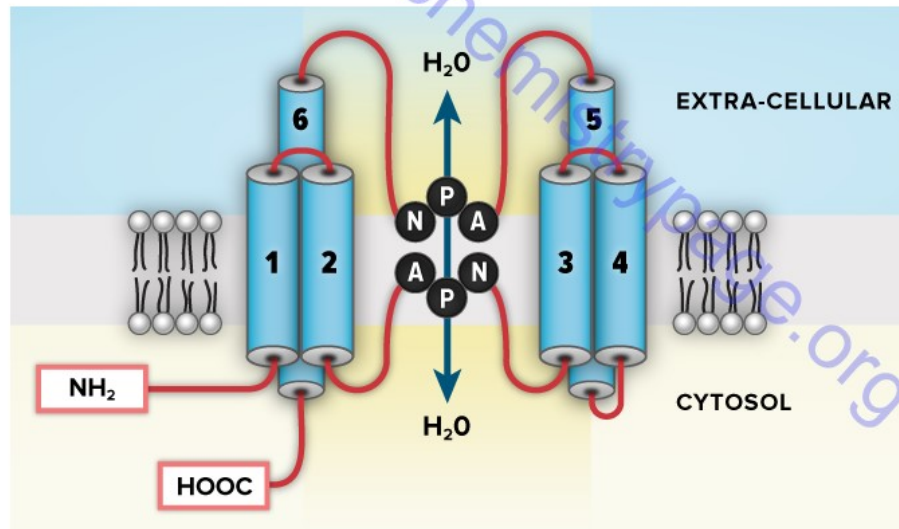
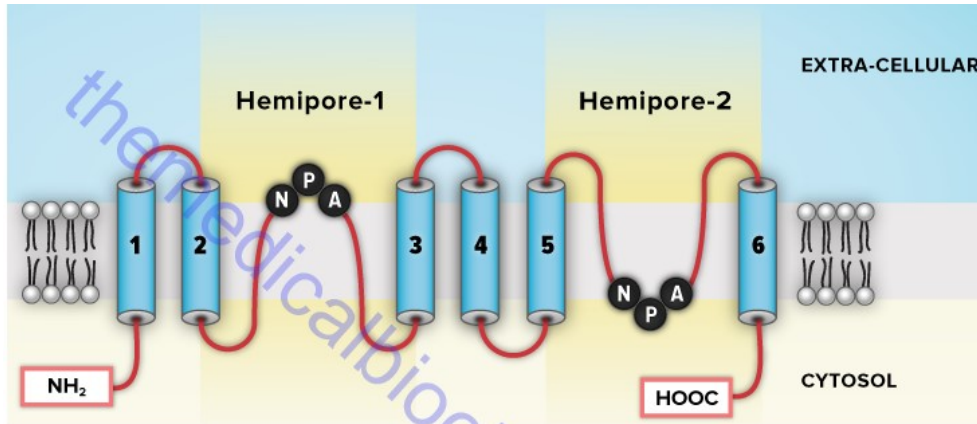


Água se difunde pela membrana por duas maneiras

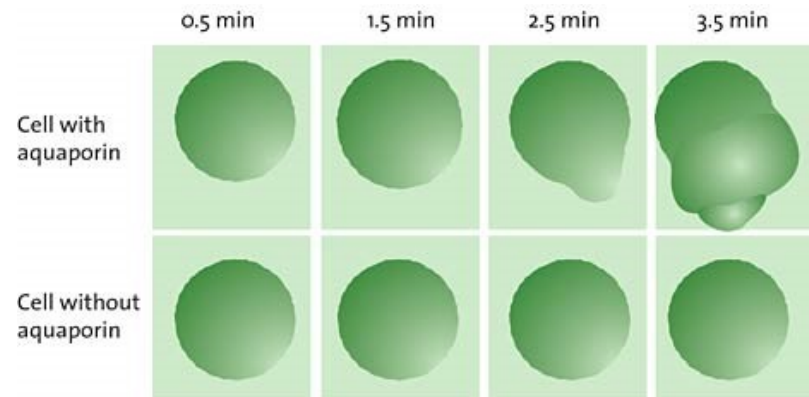
- Difusão direta através da membrana
 - Partição entre o citoplasma e a membrana
 - Por pequenos espaços criados momentaneamente por dois fosfolípidos adjacentes
- Por poros formados por proteínas permeáveis à água (**aquaporinas**)



Estrutura da aquaporina



Oócito de *Xenopus*
expressando ou não aquaporina

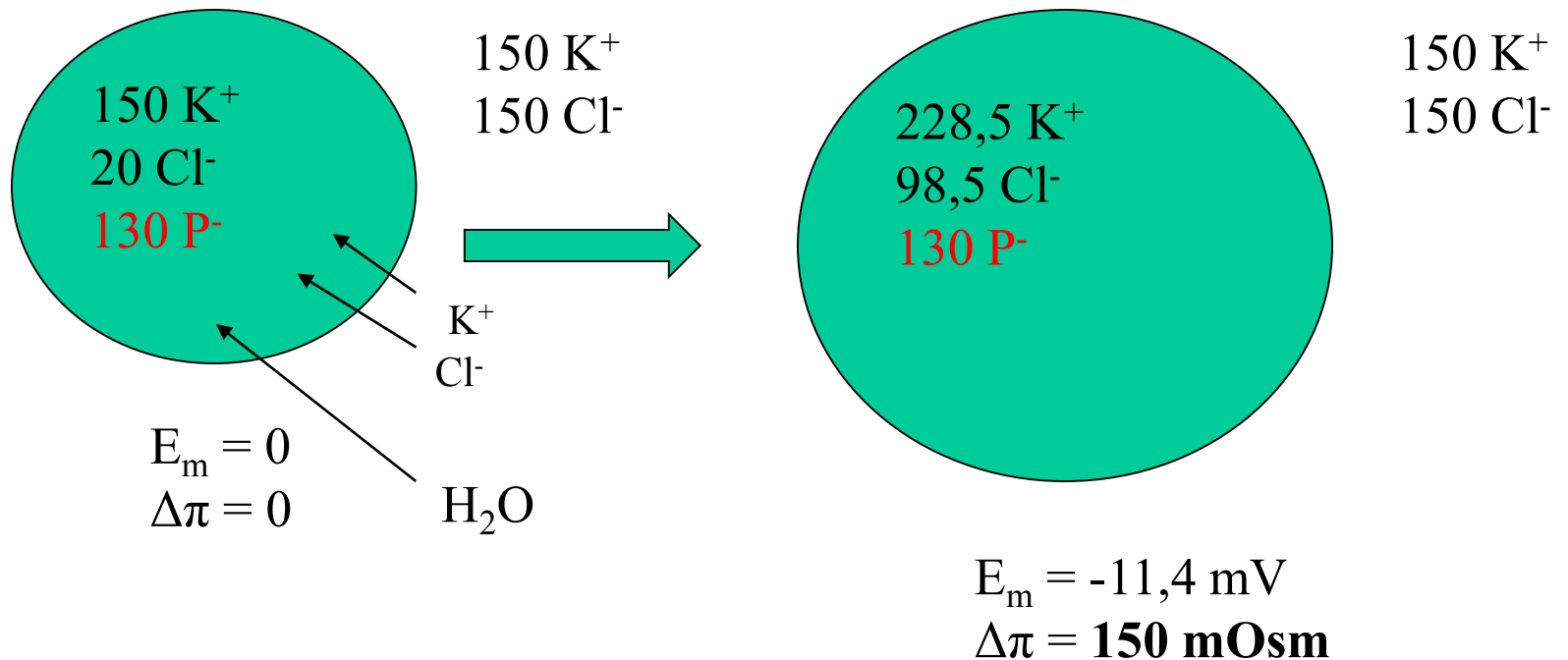


A aquaporina aumenta a permeabilidade hidráulica e diminui a energia de ativação da osmose

Amostra	L_p (10^{-10}L/Ns)	E_a (kcal/mol)
Hemácias humanas	18,0	3,9
Hemácias hum. + PCMBs	1,3	11,6
Lipossomas	1,9	16,0
Lipossomas + Aquaporina	30,8	3,9

Controle do volume celular: **equilíbrio de Gibbs-Donnan**.

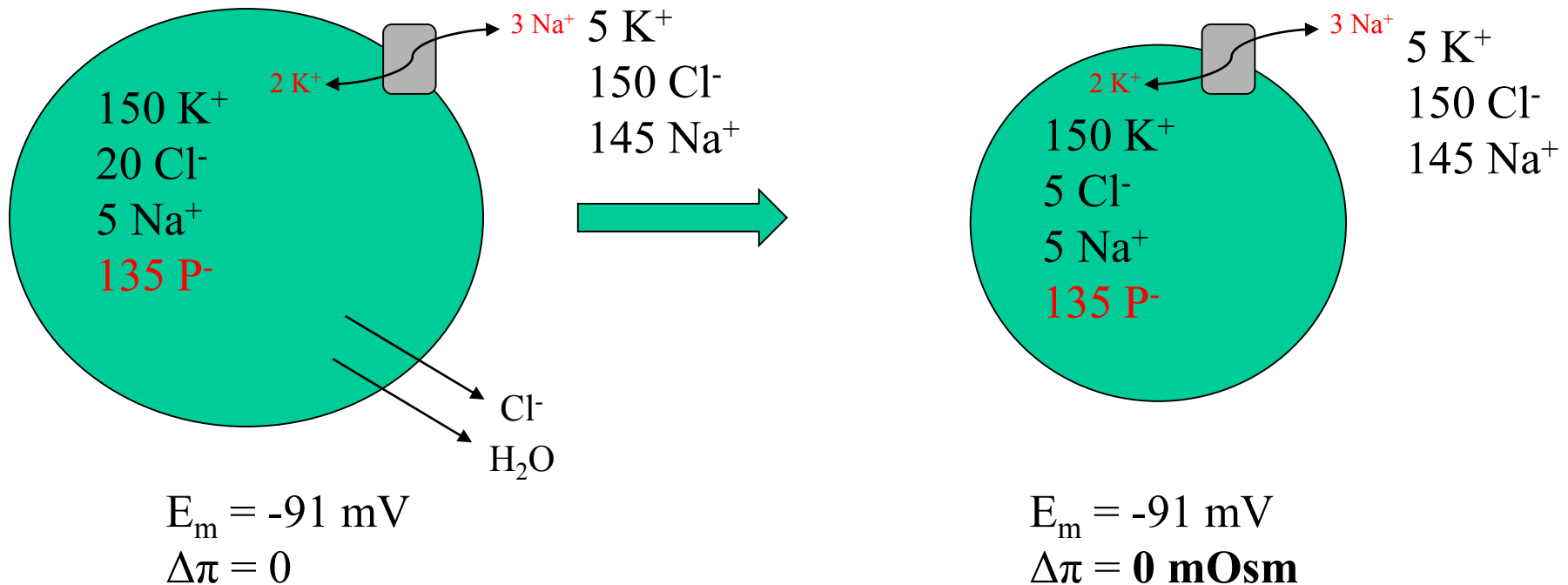
O que acontece quando temos osmólitos imobilizados?



$$[K^+]_i \cdot [Cl^-]_i = [K^+]_e \cdot [Cl^-]_e$$

Controle do volume celular: equilíbrio de Gibbs-Donnan

Donnam-duplo = presença de uma bomba mantenedora dos gradientes iônicos



$$[C^+]_i \cdot [A^-]_i = [C]_e \cdot [A^-]_e$$