



Universidade Federal do ABC

**BC-1308 Biofísica**

**Água, soluções e Dispersões**

# **Aula 2**

## **Biofísica da água.**

## **Dispersões.**

## **Soluções e coloides**

## **Sol e gel.**

---

**Jiří Borecký**  
**CCNH**  
**2014**



Universidade Federal do ABC

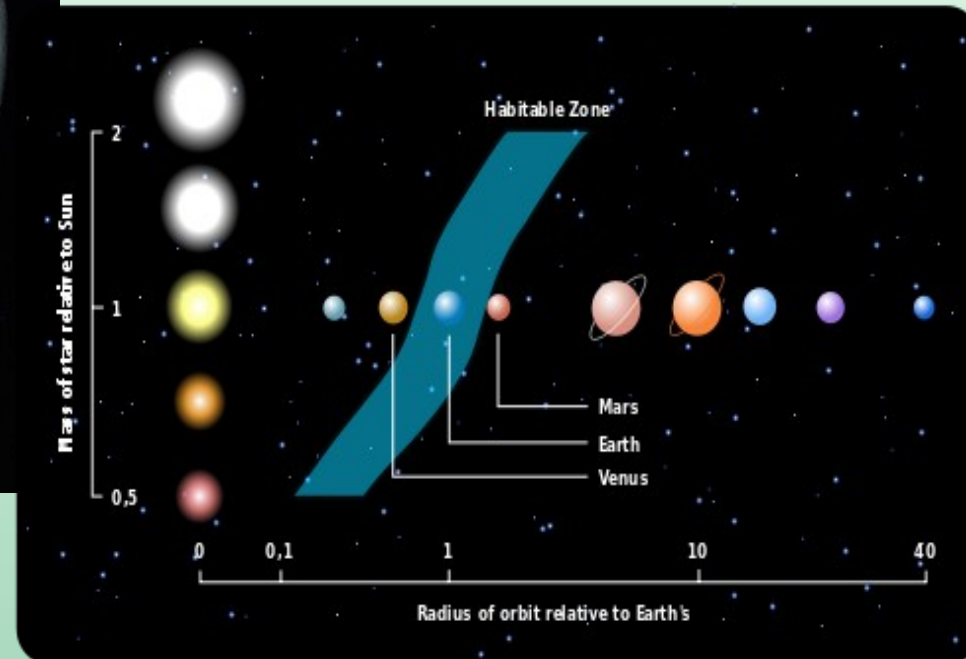
BC-1308 Biofísica

# Água

Água, soluções e Dispersões



- Água é essencial para vida nos planetas
- Zona de habitabilidade permite presença de água em três estados





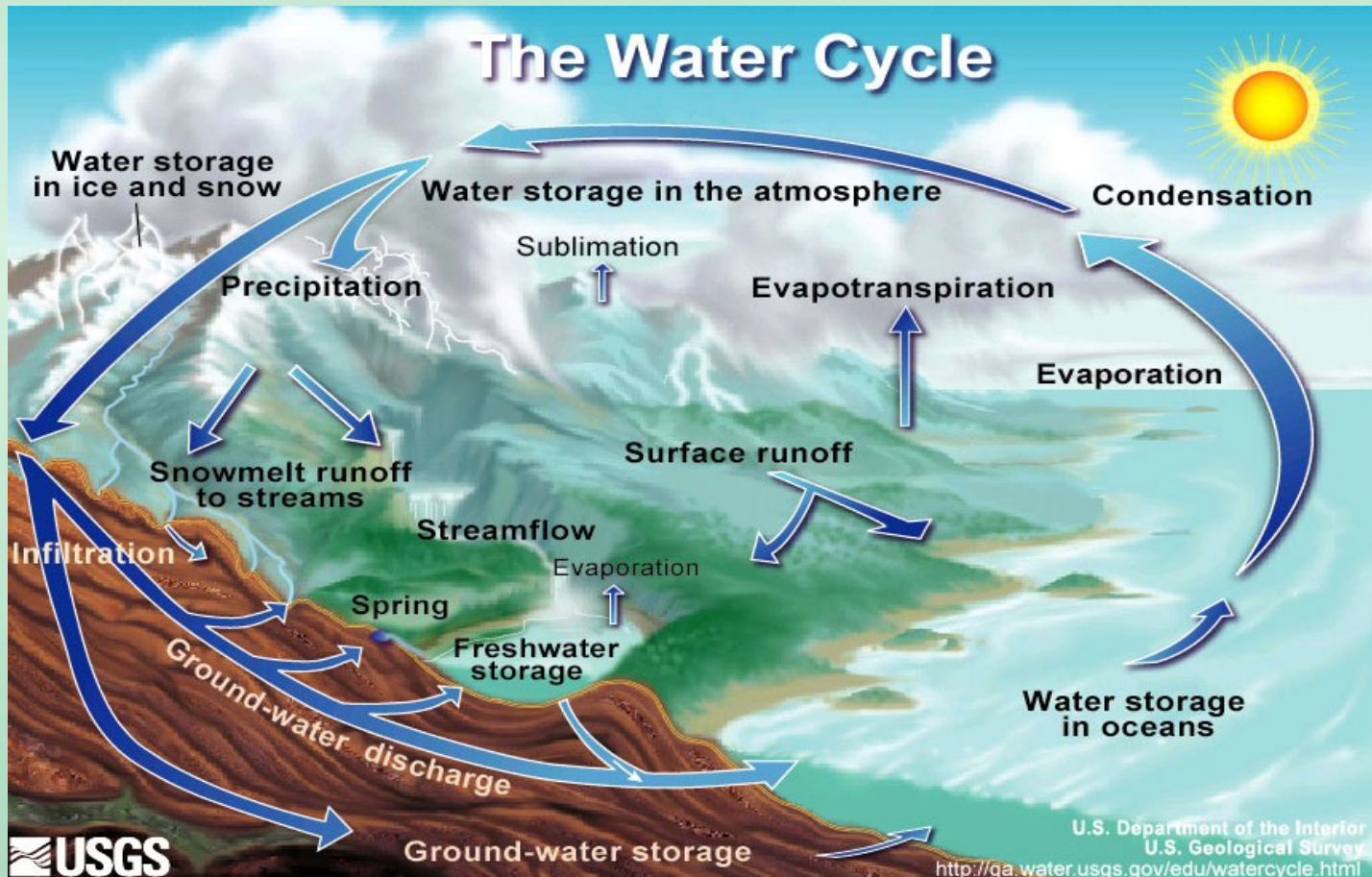
Universidade Federal do ABC

BC-1308 Biofísica

# Ciclo hidrológico

Água, soluções e Dispersões

- O ciclo hidrológico se refere a mudanças constantes da água entre hidrosfera, atmosfera, água subterrânea, superficial e das plantas







Universidade Federal do ABC

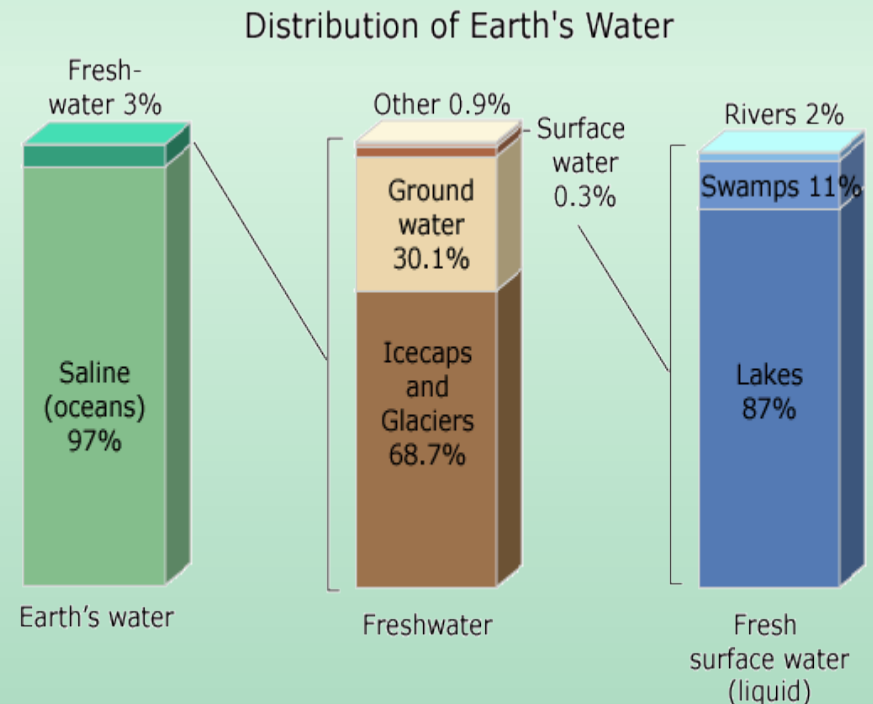
BC-1308 Biofísica

# Recursos da água

Água, soluções e Dispersões

➤ Na Terra há cerca de 1 360 000 000 km<sup>3</sup> de água que se distribuem da seguinte forma:

- 1 320 000 000 km<sup>3</sup> (97%) - água do mar
- 40 000 000 km<sup>3</sup> (3%) - água doce
- 25 000 000 km<sup>3</sup> (1,8%) - gelo
- 13 000 000 km<sup>3</sup> (0,96%) - água subterrânea
- 250 000 km<sup>3</sup> (0,02%) - lagos e rios
- 13 000 km<sup>3</sup> (0,001%) - vapor





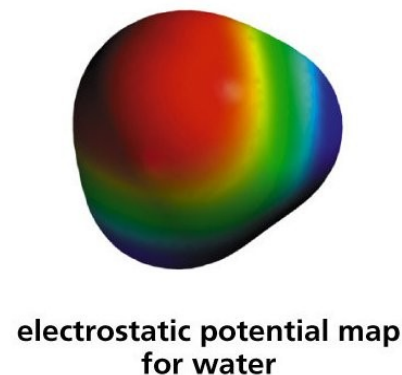
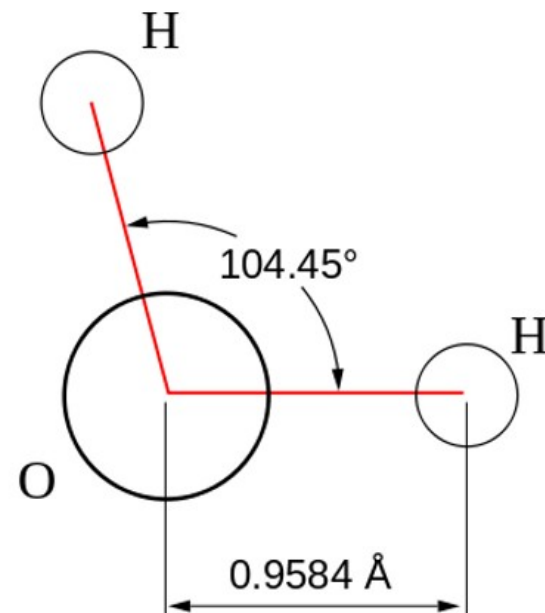
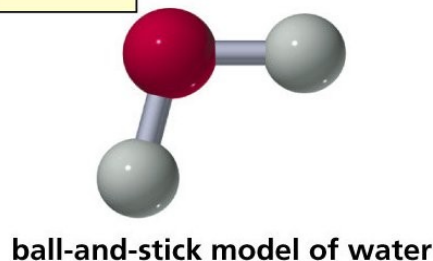
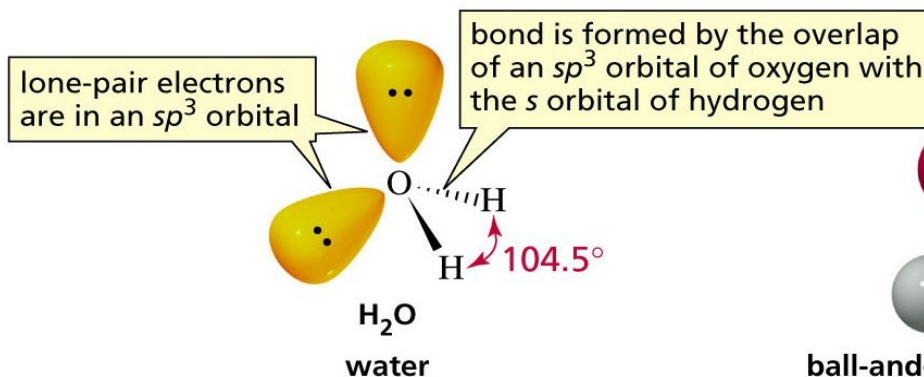
Universidade Federal do ABC

BC-1308 Biofísica

# Estrutura da água

Água, soluções e Dispersões

- O oxigênio na água tem a configuração de orbital  $sp^3$ :
  - 2 pares de  $e^-$  + duas ligações de 2  $e^-$  com os hidrogênios
  - Esta conformação implica a forma angular da água





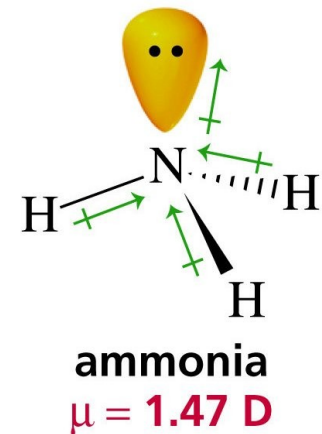
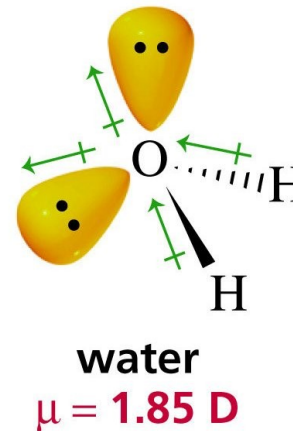
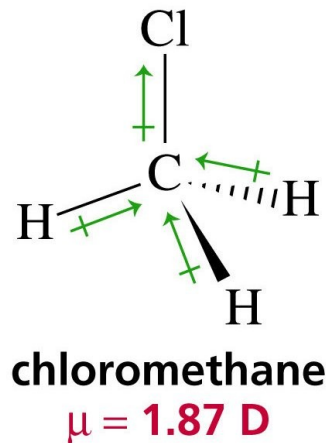
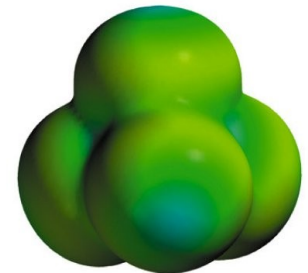
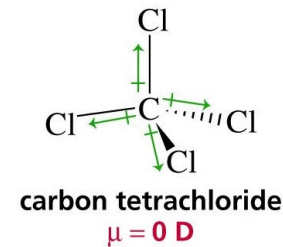
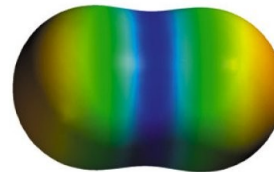
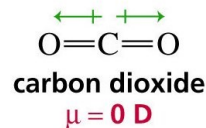
Universidade Federal do ABC

BC-1308 Biofísica

# Propriedades da água

Água, soluções e Dispersões

- A diferença de eletronegatividade entre os átomos O e H exerce força sobre a ligação entre eles
- A soma vetorial dessas forças resulta em formação de dipolo – molécula fica polarizada





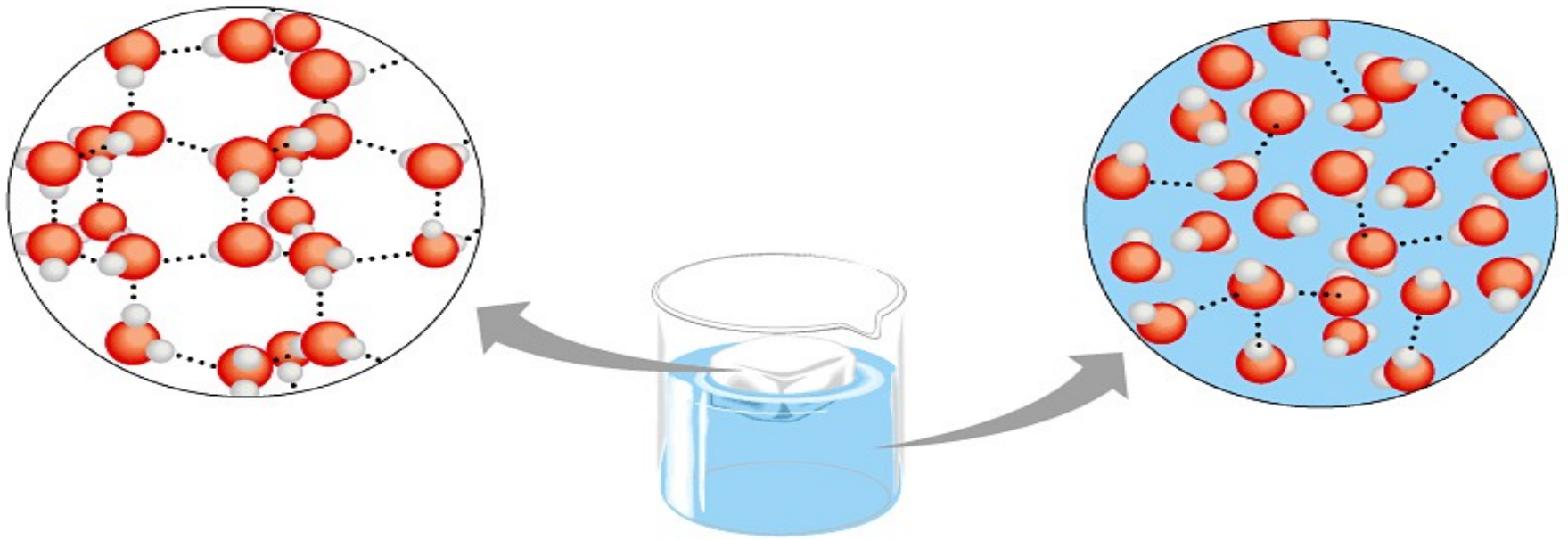
Universidade Federal do ABC

BC-1308 Biofísica

# Ligações/pontes de hidrogênio

Água, soluções e Dispersões

- Os estados físicos da água dependem da quantidade de pontes de hidrogênio
- Ponte de hidrogênio:
  - H é ligado covalentemente a um O ( $492,2148 \text{ kJ.mol}^{-1}$ ), porém pode ser **atraído por um outro O** com energia de  $23,3 \text{ kJ.mol}^{-1}$  (energia que é 5 vezes maior do que média das flutuações da colisão termal)





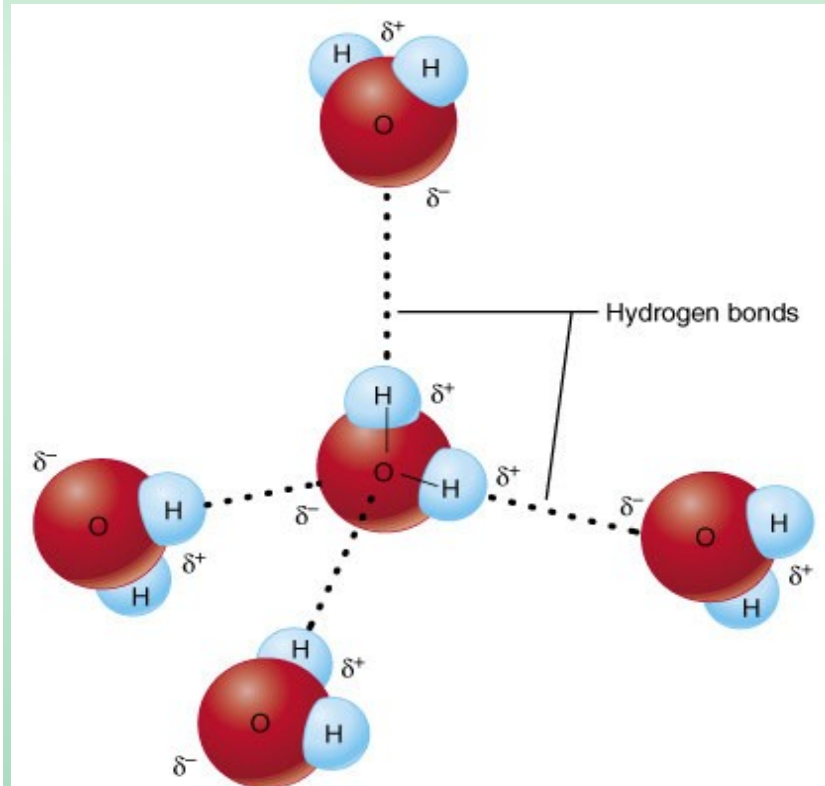
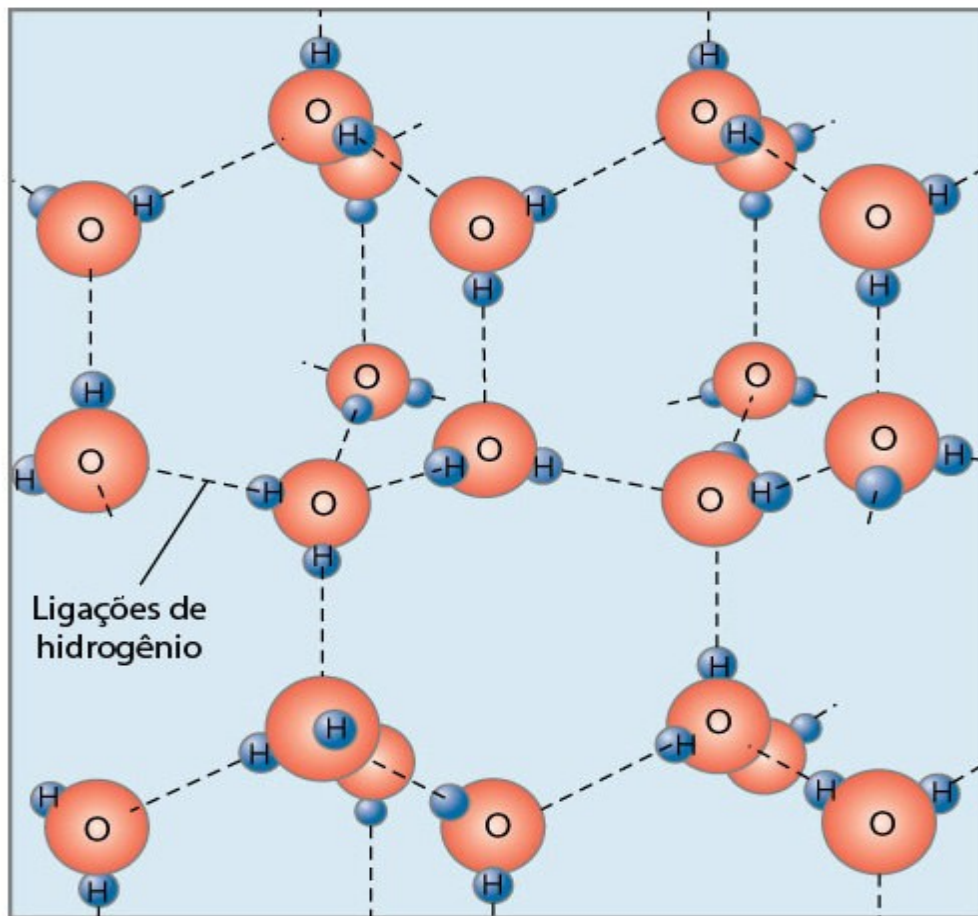
Universidade Federal do ABC

BC-1308 Biofísica

# Ligações/pontes de hidrogênio

Água, soluções e Dispersões

- Os estados físicos da água dependem da quantidade de ligações de hidrogênio



Copyright © 2001 Benjamin Cummings, an imprint of Addison Wesley Longman, Inc.





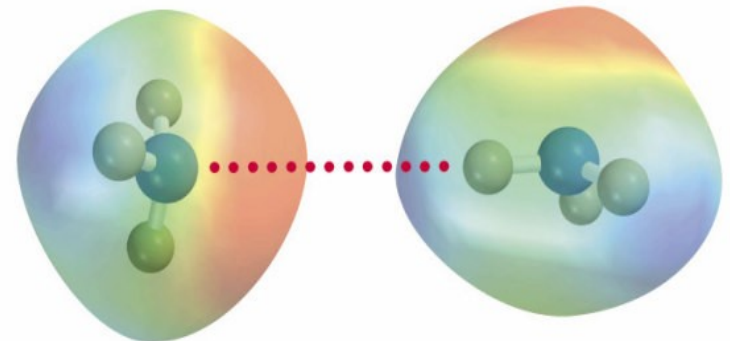
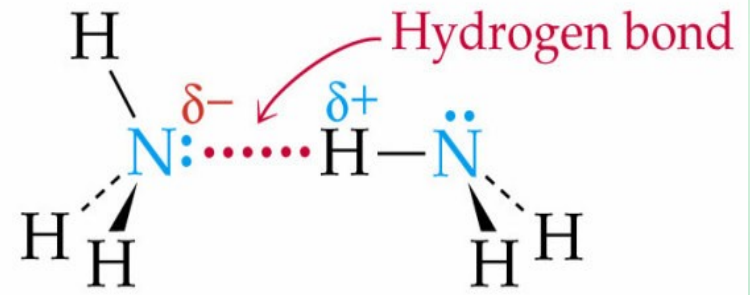
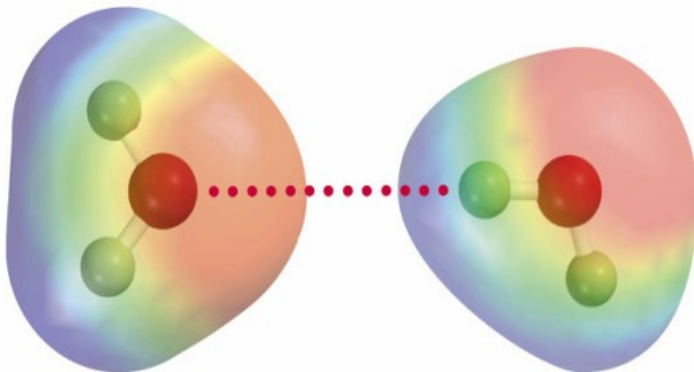
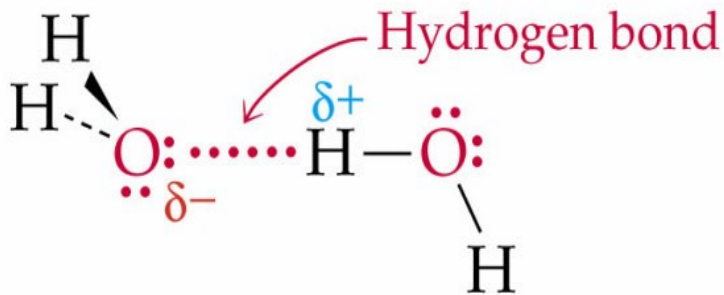
Universidade Federal do ABC

BC-1308 Biofísica

# Ligações/pontes de hidrogênio

Água, soluções e Dispersões

- **Exemplo da importância das ligações de hidrogênio:**
- **pareamento específico entre A-T e G-C (bases do DNA) garante a replicação correta da informação contida no DNA**





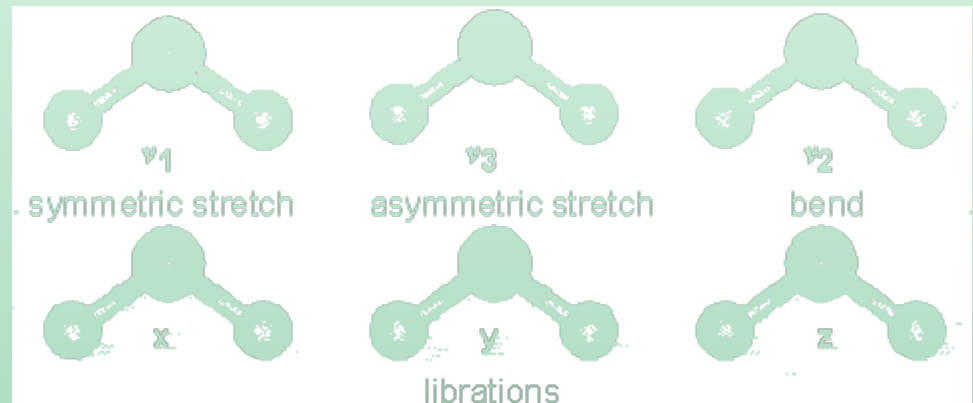
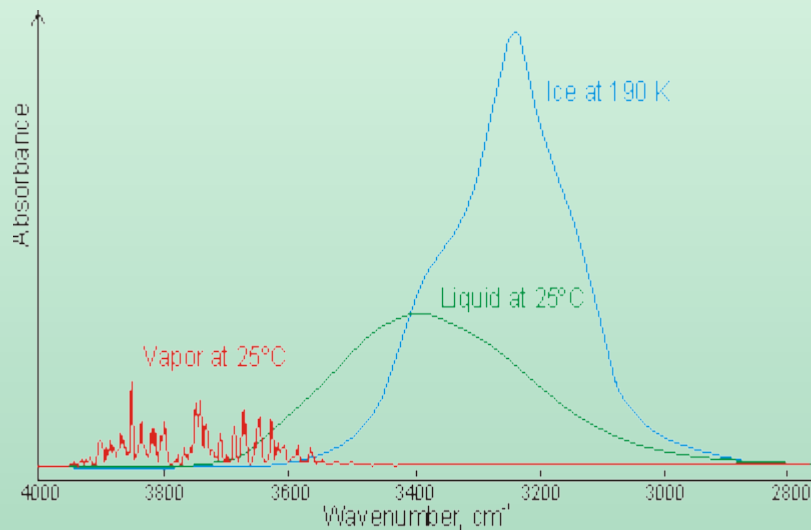
Universidade Federal do ABC

BC-1308 Biofísica

# Propriedades da água

Água, soluções e Dispersões

- O espectro da absorção da água é muito complexo. A molécula da água pode vibrar em modos numerosos. No estado de gás, as vibrações envolvem combinações de estiramento simétrico ( $\nu_1$ ), assimétrico ( $\nu_3$ ) e flexão ( $\nu_2$ ) das ligações covalentes com intensidade da absorção ( $\text{H}_2^{16}\text{O}$ )  $\nu_1;\nu_2;\nu_3 = 0.07;1.47;1.00$ .
- A molécula da água tem o momento de inércia na rotação muito pequeno o que causa no vapor espectros vibracional-rotacional bem combinados contendo  $10^5$ - $10^6$  linhas da absorção. No líquido, as rotações tendem ser restritas pelos pontes de hidrogênio, resultando em librações. Também, espectrais são mais largas, por causa de superposição de muitos *peaks* da absorção





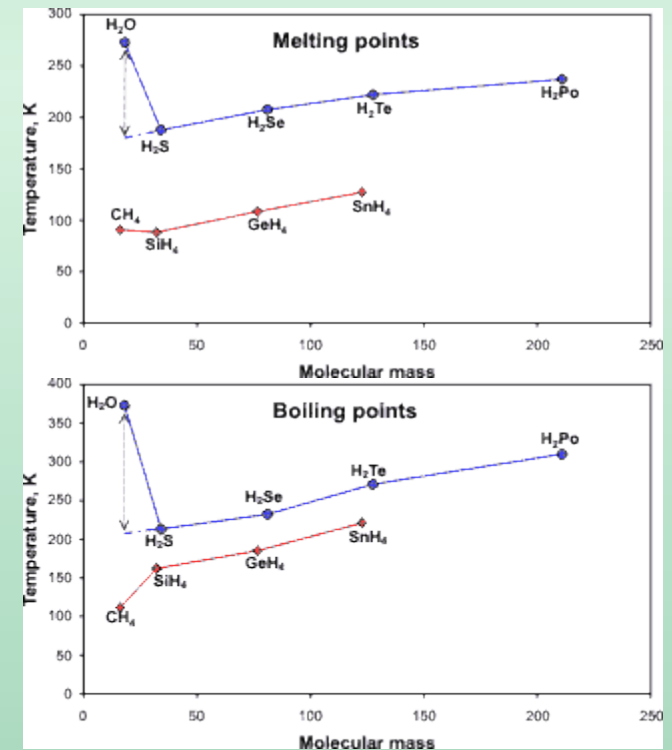
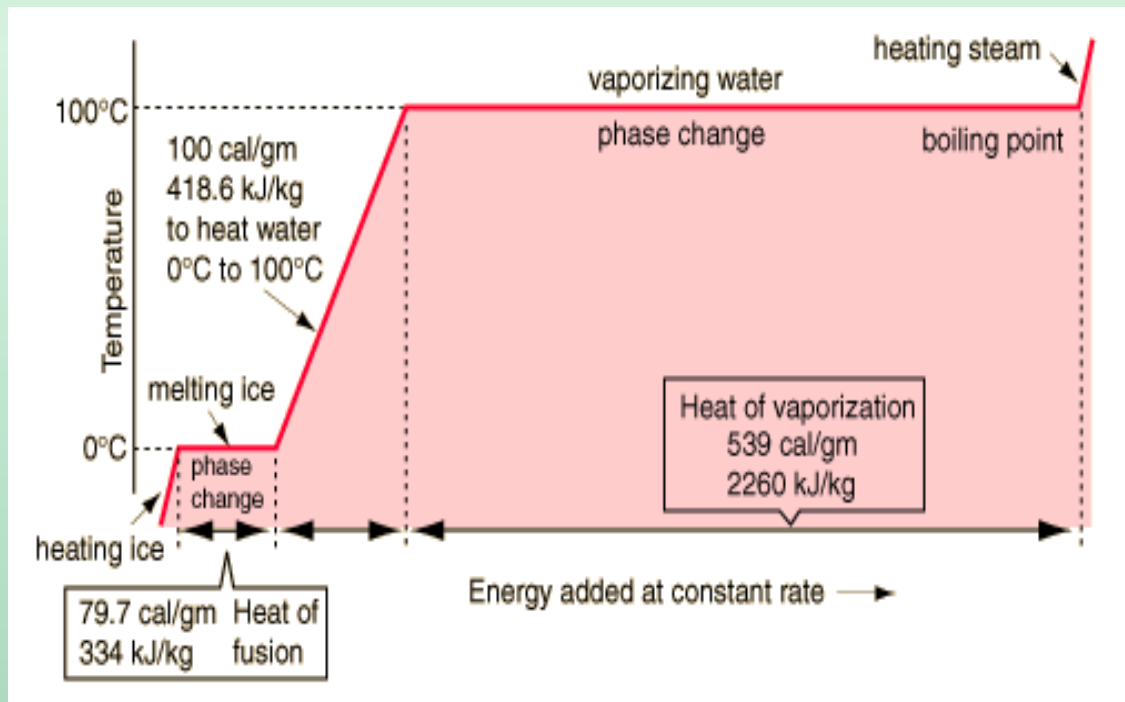
Universidade Federal do ABC

BC-1308 Biofísica

# Propriedades da água

Água, soluções e Dispersões

- O calor específico molar da água é o mais alto ( $75,327 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \text{K}^{-1}$ ) dos todos compostos conhecidos exceto amônia.
- Os pontos de fusão e ebulição da água são extremamente altos
- Estes fatos levam a necessidade de evaporação de pouca água para resfriar os organismos!





Universidade Federal do ABC

**BC-1308 Biofísica**

# Propriedades da água

**Água, soluções e Dispersões**

➤ <b>Anomalias da água – total</b>	<b>67</b>
• <b>Anomalias fasimétricas</b>	<b>12</b>
• <b>Anomalias de densidade</b>	<b>22</b>
• <b>Anomalias de material</b>	<b>13</b>
• <b>Anomalias termodinâmicas</b>	<b>11</b>
• <b>Anomalias físicas</b>	<b>9</b>

Site (em inglês) com maiores informações:  
<http://www.lsbu.ac.uk/water/anmlies.html#P1>





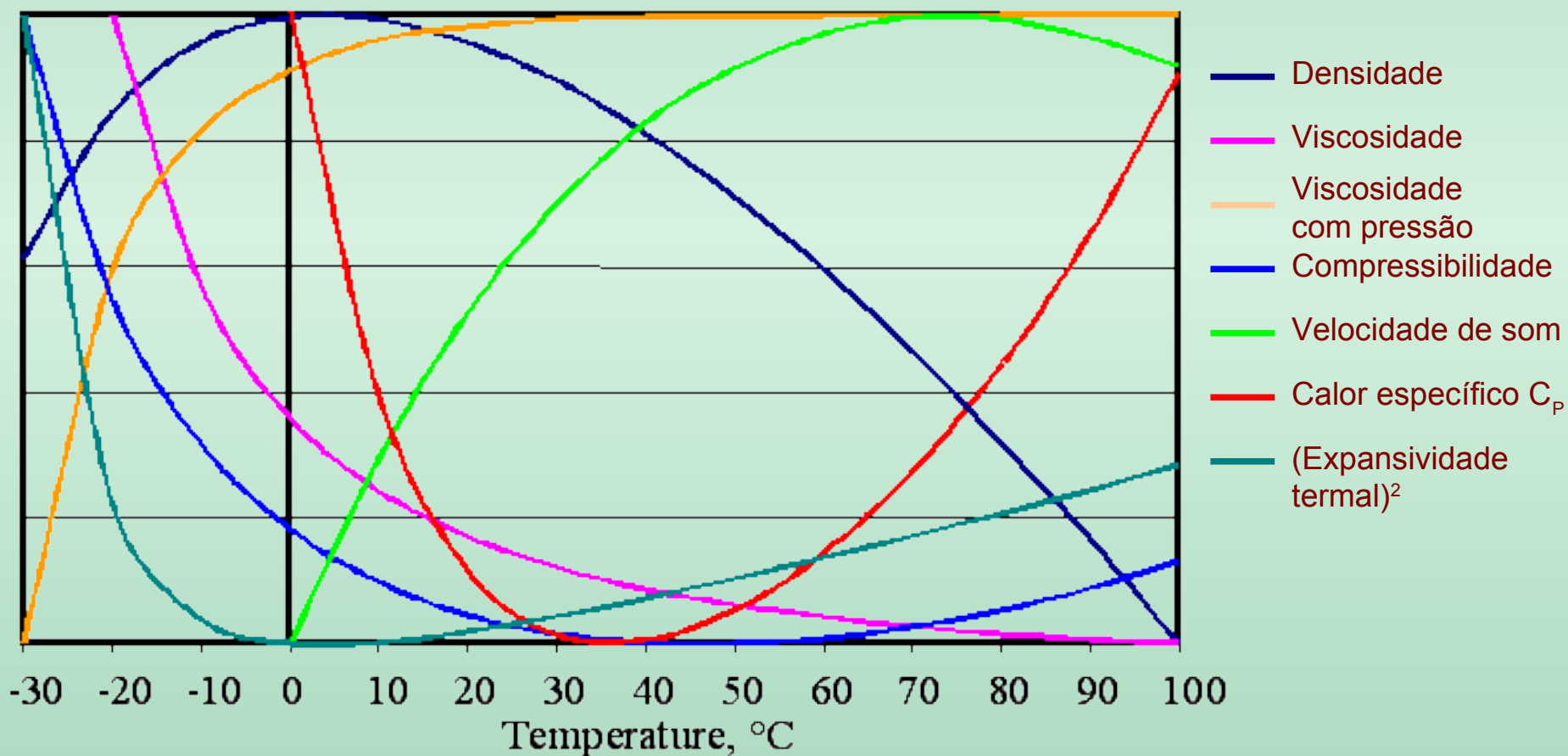
Universidade Federal do ABC

BC-1308 Biofísica

# Propriedades da água

Água, soluções e Dispersões

## ➤ Exemplos de anomalias da água relacionados a temperatura:





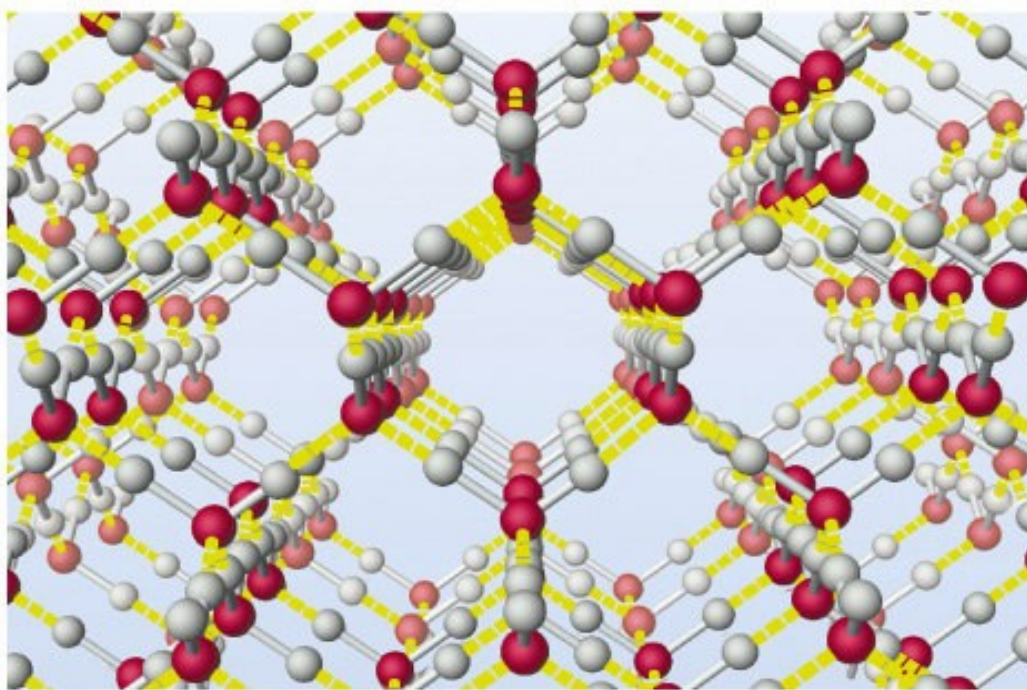
Universidade Federal do ABC

BC-1308 Biofísica

# Propriedades da água

Água, soluções e Dispersões

- A rede cristalina do gelo (H<sub>1</sub>) é organizada a partir das ligações de hidrogênio



(a)



(b)



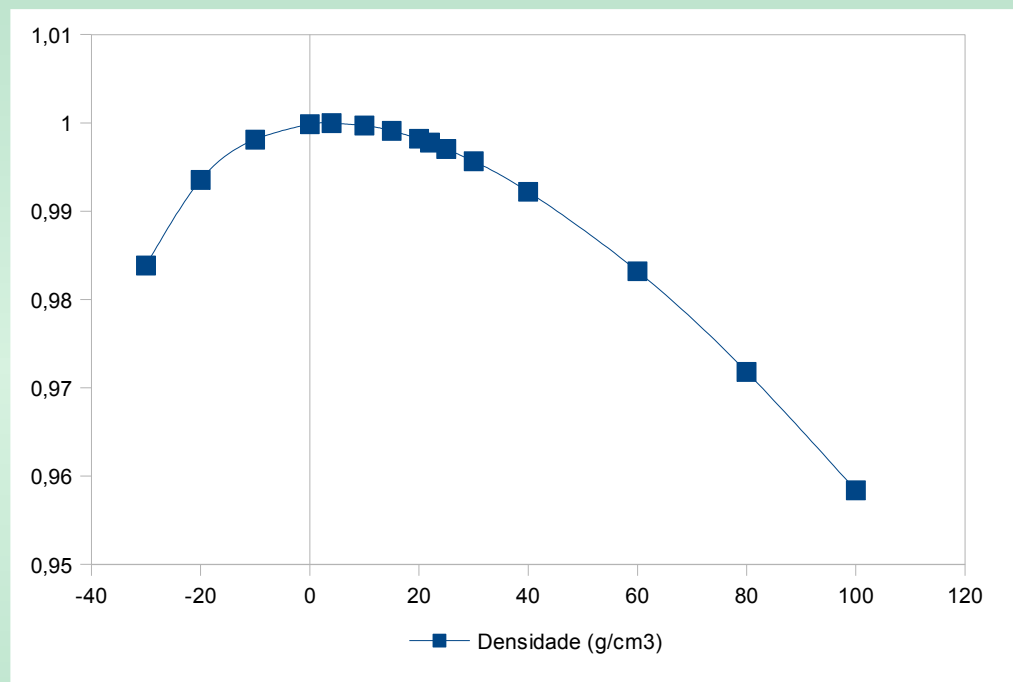
Universidade Federal do ABC

**BC-1308 Biofísica**

# Propriedades da água

**Água, soluções e Dispersões**

Temperatura (°C)	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )
100	0,958
80	0,972
60	0,983
40	0,992
30	0,996
25	0,997
22	0,998
20	0,998
15	0,999
10	1,000
4	1,000
0	1,000
-10	0,998
-20	0,994
-30	0,984



A densidade da água depende das ligações de hidrogênio. A água se expande ao congelar devido à elasticidade incomum das ligações de hidrogênio e à conformação cristalina particular de baixa energia que ela assume em condições normais de pressão. Isto é, ao resfriar-se, a água tenta organizar-se numa configuração de rede cristalina que alonga as componentes rotacionais e vibracionais das pontes, de forma que cada molécula de água é afastada das vizinhas. Isso efetivamente reduz a densidade  $\rho$  da água quando se forma gelo sob condições normais de pressão.

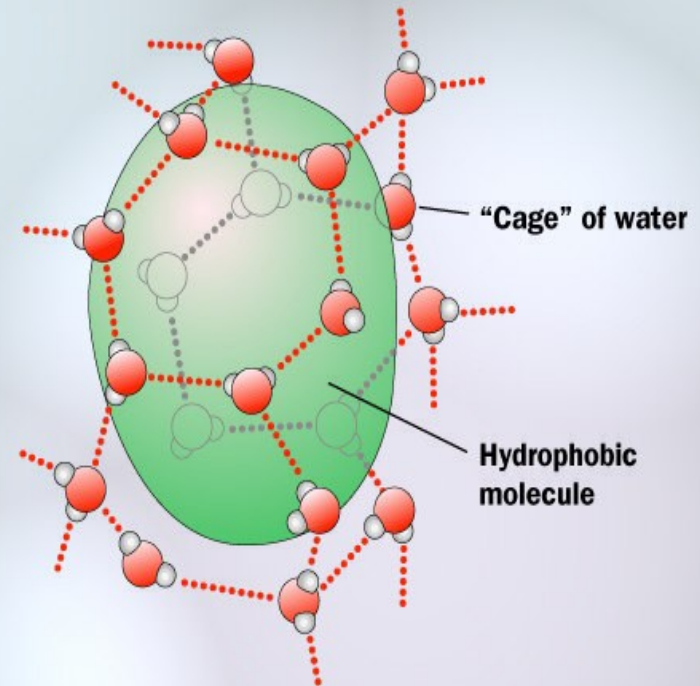
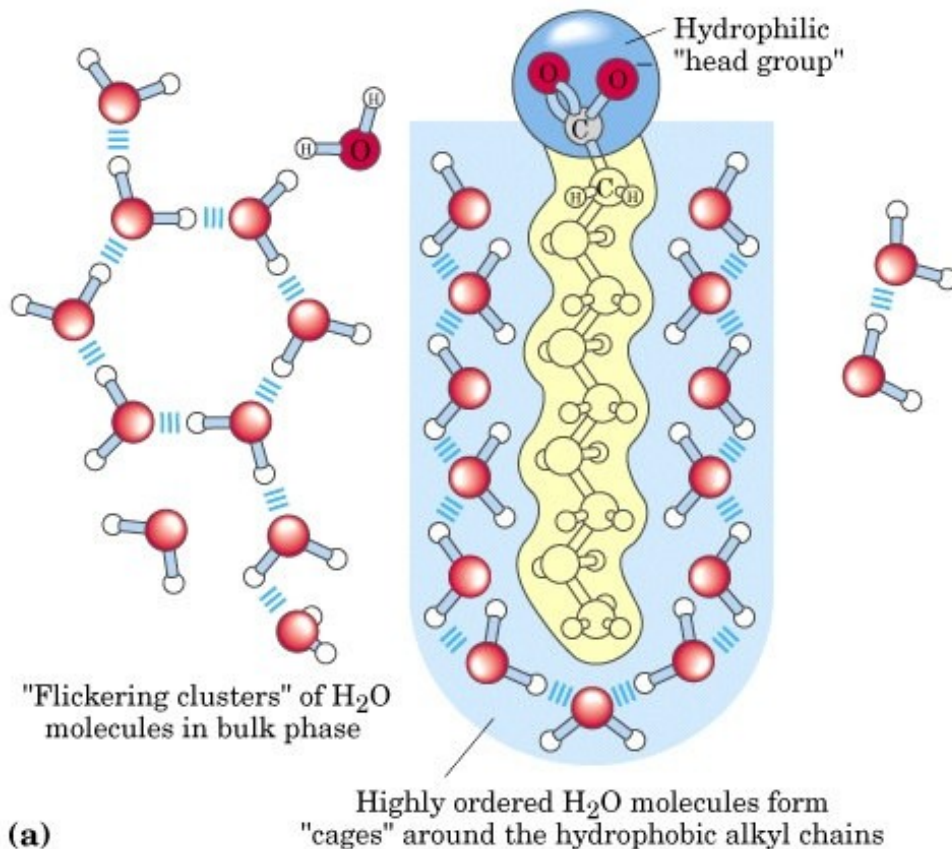


Universidade Federal do ABC

BC-1308 Biofísica

# Propriedades da água

Água, soluções e Dispersões



**Hydrophobic interactions**

As moléculas hidrofóbicas forçam as moléculas da água se superorganizarem em volta delas, aumentando energia do sistema. Por isso, cada junção de moléculas hidrofóbicas libera algumas águas é energeticamente favorável – origem da interação hidrofóbica





Universidade Federal do ABC

BC-1308 Biofísica

# Dispersão

Água, soluções e Dispersões

## ➤ Definição:

- Uma dispersão é uma **mistura homogênea** ou **heterogênea** de duas ou mais substâncias, em que as partículas de uma fase – **a fase dispersa** – se encontram distribuídas no seio da outra – **a fase dispersante**.

## ➤ Tipos (diferem na dimensão média das partículas constituintes):

- **Suspensões (mistura heterogênea):**
  - partículas dispersas têm mais de 100 nm de diâmetro
  - partículas usualmente visíveis a olho nu
  - separação do disperso do dispersante pela decantação ou filtração
- **Soluções coloidais (mistura heterogênea):**
  - partículas dispersas têm entre 1 nm e 100 nm de diâmetro
  - Partículas invisíveis a olho nu, mas visíveis com microscopia
  - separação do disperso do dispersante pela centrifugação
- **Soluções verdadeiras (mistura homogênea):**
  - partículas dispersas têm até 1 nm de diâmetro
  - partículas dissolvidas invisíveis com microscopia eletrônica
  - separação do disperso do dispersante pela destilação, cristalização, etc.



## ➤ Características:

- as partículas tendem a se depositar – sedimentar – em função da força da gravidade exercida sobre elas
- A velocidade de sedimentação depende:
  - do tamanho da partícula do disperso
  - da viscosidade do dispersante

$$\lambda \frac{\partial n}{\partial x} + D \frac{\partial^2}{\partial x^2} = \frac{\partial n}{\partial t}$$

Onde  $n$  é a concentração de partículas de soluto em um ponto  $x$  do meio, no instante  $t$  determinado,  $D$  é o coeficiente de difusão, e  $\lambda$  é denominado velocidade de arraste.



Universidade Federal do ABC

BC-1308 Biofísica

# Suspensão

Água, soluções e Dispersões

## ➤ Características:

- Partículas
  - **as dimensões, a forma e a flexibilidade das partículas**
  - **Força gravitacional**
  - Conjuntos ou aglomerados heterogênicos de compostos
- Interações entre partículas
  - Exclusão do volume (Repulsão)
  - Interação eletrostática (Repulsão/Atração)
  - Forças van der Waals - dipolos (Repulsão/Atração)
  - Forças entropicas (Atração)
  - Forças estéricas (Repulsão)
- interações partícula-solvente
  - forças de hidratação, solvatação



Universidade Federal do ABC

BC-1308 Biofísica

# Colóides

Água, soluções e Dispersões

## ➤ Tipos:

	Disperso		
	Gás	Líquido	Sólido
Dispersante	Gás	Aerosol líquido, (nuvem, neblina)	Aerosol sólido, (fumaça, pó em suspensão)
	Líquido	Espuma líquida (chantilly, espuma de sabão)	Emulsão (leite, maionese, cremes, sangue, shampoo)
	Sólido	Espuma sólida (pedra-pomes)	Gel (gelatina, queijo, geléia)
			Sol (tintas, vidros coloridos)
			Sol sólido (cristais de rubi e safira, ligas metálicas)





Universidade Federal do ABC

BC-1308 Biofísica

# Coloide

Água, soluções e Dispersões

## ➤ Características:

- Partículas
  - as dimensões, a forma e a flexibilidade das partículas
  - Força gravitacional
  - Aglomerados de átomos, moléculas ou íons, micelas
- Interações entre partículas
  - **Exclusão do volume (Repulsão)**
  - **Interação eletrostática (Repulsão/Atração)**
  - **Forças van der Waals - dipolos (Repulsão/Atração)**
  - **Forças entropicas (Atração)**
  - **Forças estéricas (Repulsão)**
- interações partícula-solvente
  - forças de hidratação, solvatação

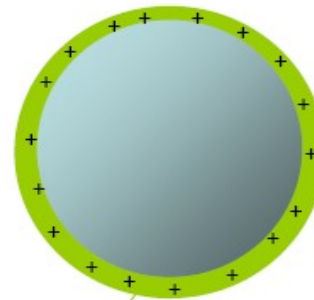
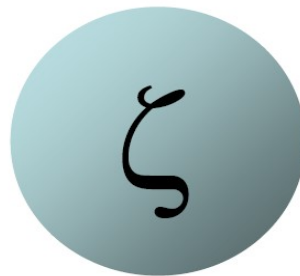


Universidade Federal do ABC

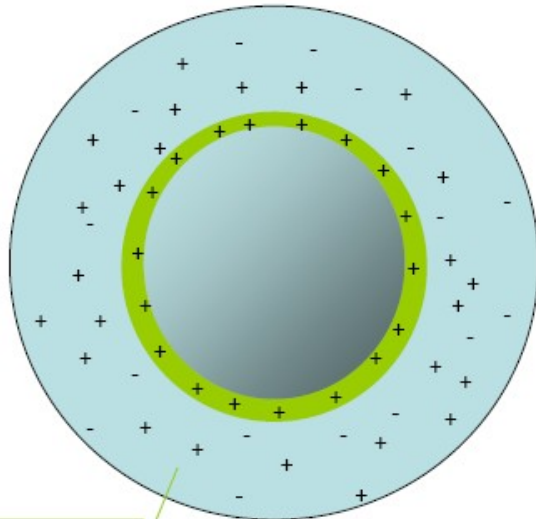
BC-1308 Biofísica

# Potencial zeta

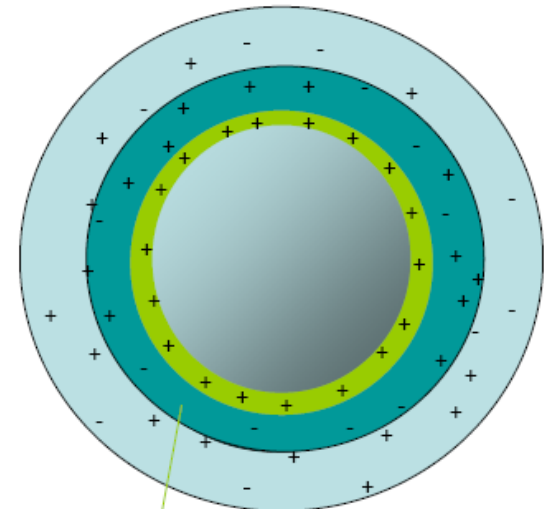
Água, soluções e Dispersões



Camada de Stern



Camada de Gouy-Chapman (difusa)



Plano de cisalhamento hidrodinâmico



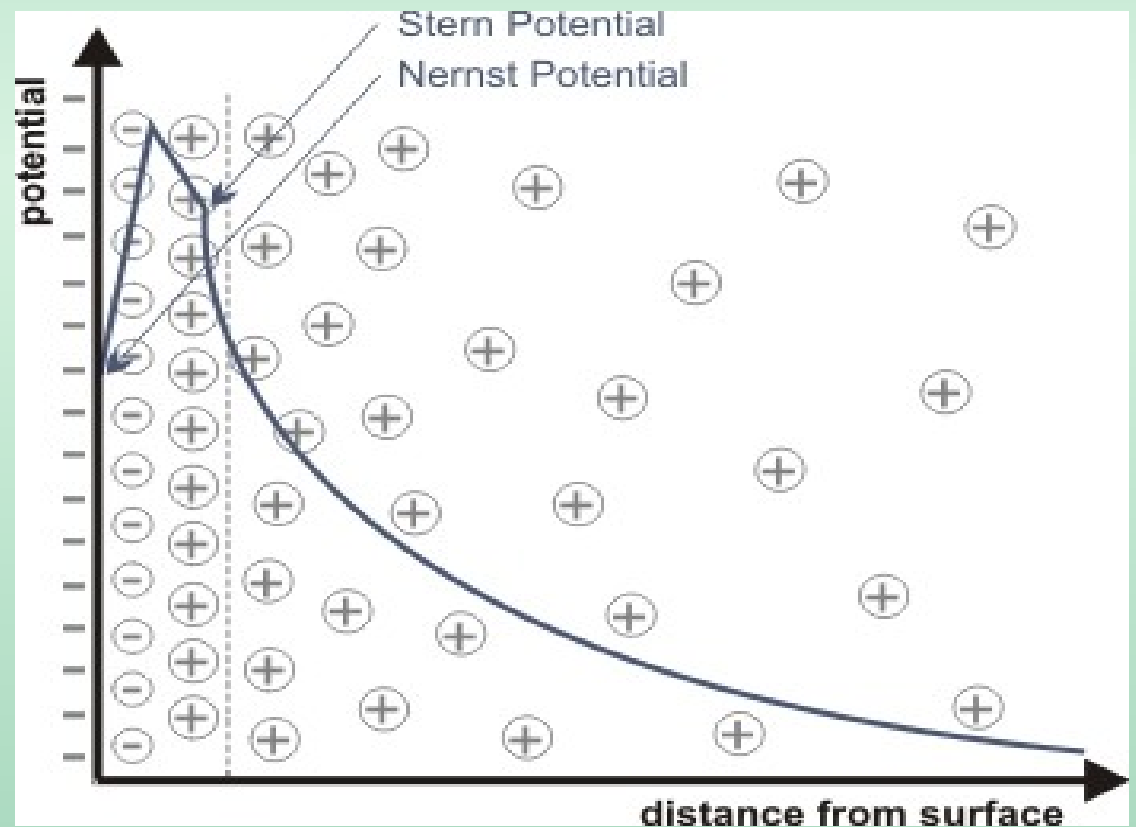
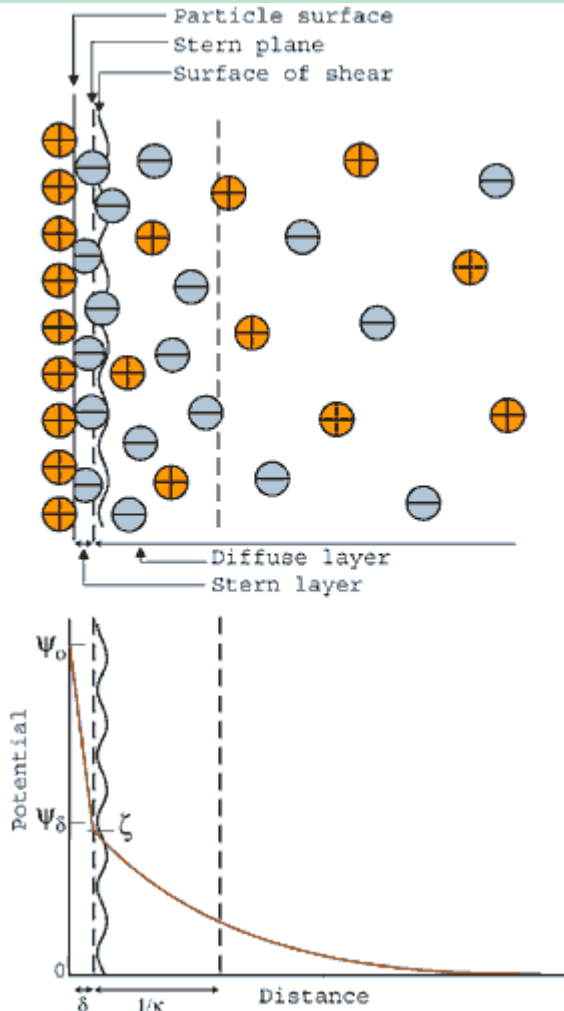
Universidade Federal do ABC

BC-1308 Biofísica

# Potencial zeta

Água, soluções e Dispersões

$$U = \frac{\zeta \varepsilon}{4 \pi \eta}$$





Universidade Federal do ABC

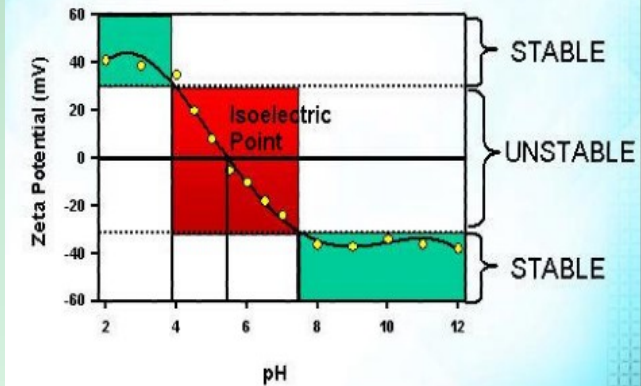
BC-1308 Biofísica

# Potencial zeta

Água, soluções e Dispersões

## ➤ Fatores que afetam o potencial zeta:

- Mudanças no pH da solução
- Concentração salina (força iônica)
- Concentração de um aditivo (ex.: surfactante, polímero...)



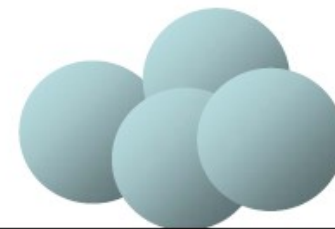
Stability of Solution-Zeta Potential from "A Control of Colloidal Stability"  
by Thomas Riddick

Stability	Average Zeta Potential (In millivolts)
Extreme to very good stability	-100 to -60 mv
Reasonable stability	-60 to -40 mv
Moderate stability	-40 to -30 mv
Threshold of light dispersion	-30 to -15 mv
Threshold of agglomeration	-15 to -10 mv
Strong agglomeration & precipitation	-5 to +5 mv

Partículas com potencial zeta grande:  
Repelem-se e a dispersão é estável!



Limite de estabilidade em água:  
Potencial zeta > |30mV|





Universidade Federal do ABC

BC-1308 Biofísica

# Soluções

Água, soluções e Dispersões

## ➤ Tipos:

		Disperso		
		Gás	Líquido	Sólido
Dispersante	Gás	Oxigênio em nitrogênio	Vapor em ar	Naftaleno sublimante em ar
	Líquido	Oxigênio ou $\text{CO}_2$ na água	Álcool em água Vitamina A em óleo	NaCl, sacarose em água
	Sólido	Hidrogênio em platina ou paládio	Hexano em parafina, Mercúrio em ouro	Aço (C em Fe),





Universidade Federal do ABC

BC-1308 Biofísica

# Soluções

Água, soluções e Dispersões

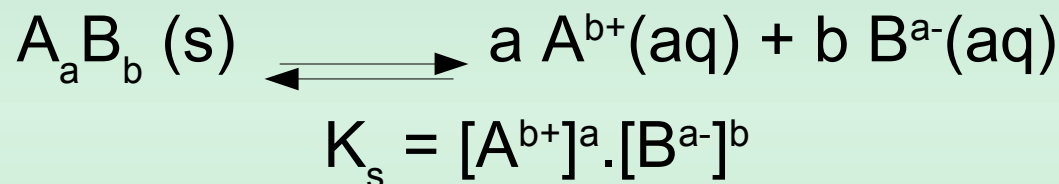
## ➤ Características:

- Partículas
  - as dimensões, a forma e a flexibilidade das partículas
  - Força gravitacional
  - Átomos, moléculas ou íons
- Interações entre partículas
  - **Exclusão do volume (Repulsão)**
  - **Interação eletrostática (Repulsão/Atração)**
  - **Forças van der Waals - dipolos (Repulsão/Atração)**
  - Forças entropicas (Atração)
  - Forças estéricas (Repulsão)
- interações partícula-solvente
  - **forças de hidratação, solvatação**



### ➤ Características:

- Solubilidade
  - Produto de solubilidade



- Mudança de ponto de ebulição

$$PE_{\text{total}} = PE_{\text{solvente}} + \Delta T_b \quad \Delta T_b = K_b \cdot \bar{m} \cdot i$$

- Mudança de ponto de fusão

$$PF_{\text{total}} = PF_{\text{solvente}} - \Delta T_f \quad \Delta T_f = K_f \cdot \bar{m} \cdot i$$

Molalidade:  $\bar{m} = n/m$  | fator de Van't Hoff:  $i = 1 + \alpha(q - 1)$

$K_b$  e  $K_f$  – constantes de ebulição e fusão (respectivamente)