

# Composição da água do mar

Vanessa Hatje

## Sumário das propriedades da água

- **Pontes de Hidrogênio** são responsáveis pelo alto calor latente de fusão e evaporação e alta capacidade calorífica da água.
  - Transporte de calor
  - Troca de calor com atm
  - Manutenção de temperatura constante
- **Temperatura e salinidade** determinam a densidade
  - **Estratificação**

# Ciclo Hidrológico

Environment	Water Volume (km <sup>3</sup> )	Percentage of Total (%)
Surface Water		
Freshwater Lakes	125,000	0.01
Saline Lakes and Inland Seas	104,000	0.009
Rivers and Streams	1,200	0.0001
Total	230,000	0.0191
Subsurface Water		
Soil Moisture	67,000	0.005
Ground Water (shallow, <750m)	4,000,000	0.30
Ground Water (deep, 750-4000m)	5,000,000	0.38
Total	9,067,000	0.685
Ice Caps and Glaciers	29,000,000	2.05
Atmosphere	13,000	0.001
Biosphere	600	.00004
Oceans	$1.37 \times 10^9$	97.25
Total	$1.408 \times 10^9$	

## Composição da água do mar

- **Ciclo hidrológico** altera a composição das águas
  - Precipitação
  - Dissolução
  - Mistura

### ALTERAÇÕES EM PEQUENA ESCALA ESPACIAL

Composição da água de mar é constante de oceano para oceano e de superfície para o fundo !!!!!!!!

# Composição da água do mar

O que diferencia a água doce da água do mar???

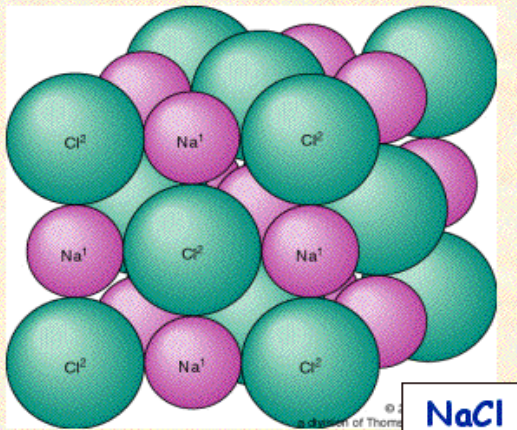
**TEOR DE SAIS DISSOLVIDOS!!!!!!!**

## Teor de Sais Dissolvidos

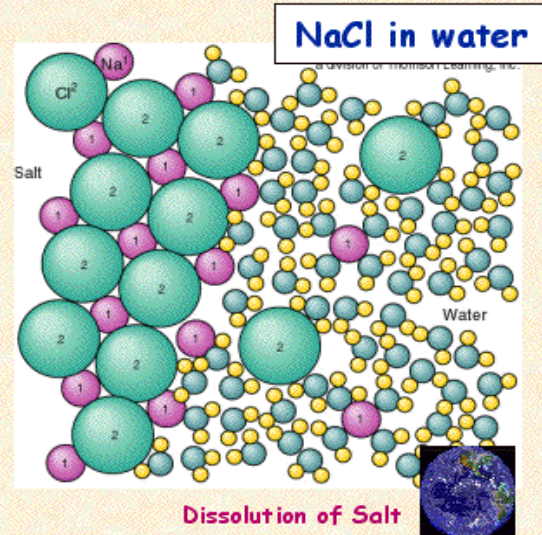
- Toda água natural (água de rio, lago, lagoa, água subterrânea e chuva) contém sais dissolvidos
- Teste do paladar
- 1 Colher de chá de sal/copo d'água = água do mar
- Método para estimar medir a quantidade de sal

## Dissolution of Salt:

- Common salt, sodium chloride, NaCl
  - ionic bonds, electrons are transferred Na to Cl
  - cations with +ve charge ( $\text{Na}^+$ ), anions with -ve charge ( $\text{Cl}^-$ )
  - in solution solvated by water molecules, H atoms surround  $\text{Cl}^-$  O atoms around  $\text{Na}^+$

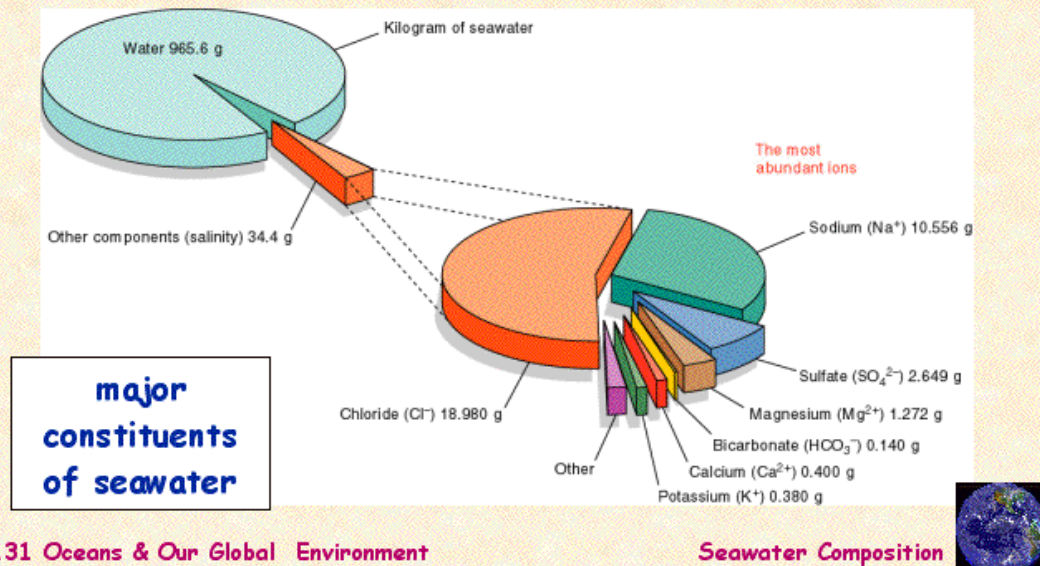


G131 Oceans & Our Global Environment



## Seawater Composition:

- Dissolved salts, about 35 parts per thousand, 35‰
  - form electrically charged particles, ions
  - major constituents ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ) make up >>99% of dissolved salts



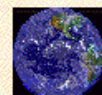
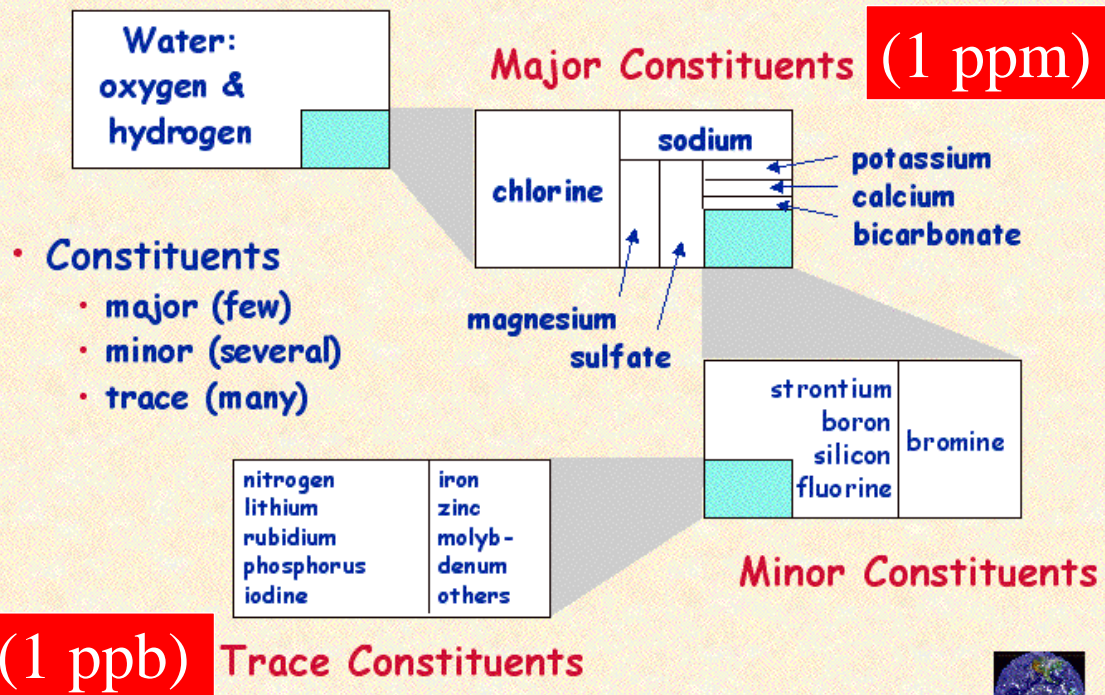
G131 Oceans & Our Global Environment

# Sais Dissolvidos na Água do Mar

- $\text{Cl}^-$  (cloreto) 56%
- $\text{Na}^+$  (sódio) 28%
- $\text{SO}_4^{2-}$  (sulfato) 8%
- $\text{Mg}^{2+}$  (magnésio) 4%
- $\text{Ca}^{2+}$  (cálcio) 1.5%
- $\text{K}^+$  (potássio) 1%
- $\text{HCO}_3^-$  (bicarbonato) 0.5%

Representam mais de 99%

## Seawater Composition:



## Elementos mais abundantes na crosta terrestre

- Si 28.2%
- Al 8.2%
- Fe 5.6%
- Ca 4.2%
- Na 2.4%
- K 2.4%
- Ti 0.6%

Quantos elementos abundantes na crosta terrestre estão presentes na água do mar em grandes concentrações??

## Apenas o Na, K, Mg e Ca PORQUE?

- Grau de solubilidade
- Comportamento/reatividade química

Ex:

Si, Al pouco solúvel

Na, Ca e P muito solúvel

# Teoria das Proporções Constantes

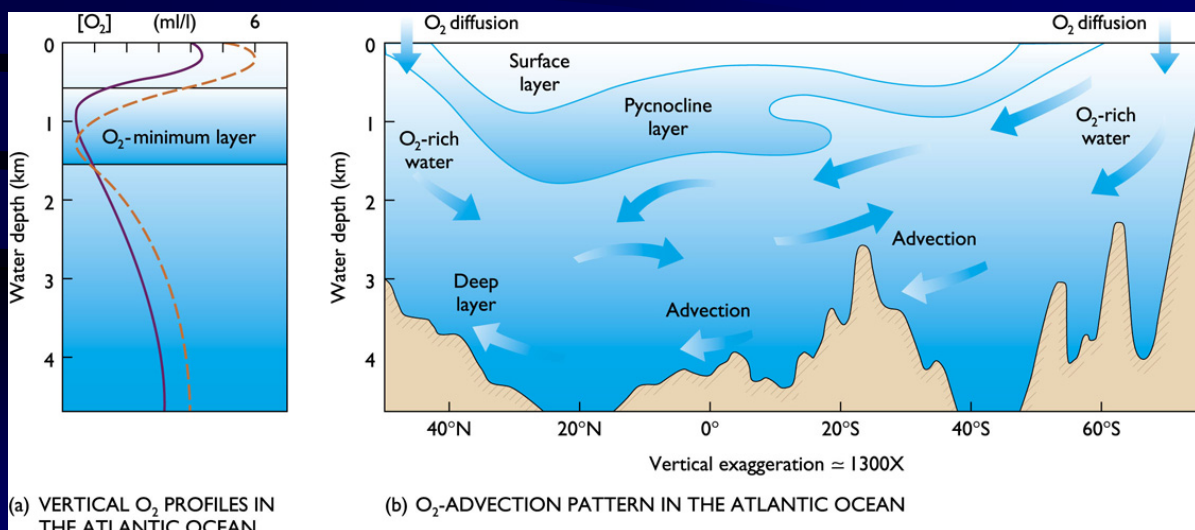
- As concentrações dos ions maiores dissolvidos pode variar de lugar pra lugar, mas a proporção relativa se mantém constante.
- Pode-se variar a salinidade, mas as proporções dos elementos são constantes.

Exceções: mar fechado, fjordes, áreas rasas, vulcanismo submarino, etc....

## Outras Substâncias

- **Gases** – trocas livres água-atmosfera

O<sub>2</sub>: distribuição de biota e processos redox



## Outras Substâncias

**CO<sub>2</sub>**: imagem espelho do O<sub>2</sub>: respiração x fotossíntese  
gás estufa, sistema carbonato dos oceanos, pH

**N<sub>2</sub>**: efeito estufa

**He e Ar**

## Outras Substâncias

- **Nutrientes**

- Elemento envolvido em processos biológicos;
- Oceanografia os elementos ditos nutrientes são:  
nitrito, nitrato, fosfato e silicato
- Nitrogênio é fixado pelo fitoplâncton;
- Silicato é usado na construção de carapaças



# Outras Substâncias

- **Material Particulado: 10-20ng/L:**
  - ✓ Se move livremente no oceano, sendo que sua composição e concentração estão sujeitas a contínuas mudanças: agregação, desagregação, decomposição, dissolução e incorporação na biota
  - ✓ Controlador da composição da água do mar: remoção de nutrientes e metais, transporte vertical e lateral
  - ✓ ‘The great particle conspiracy’: controle de metais

## Material Particulado: composição

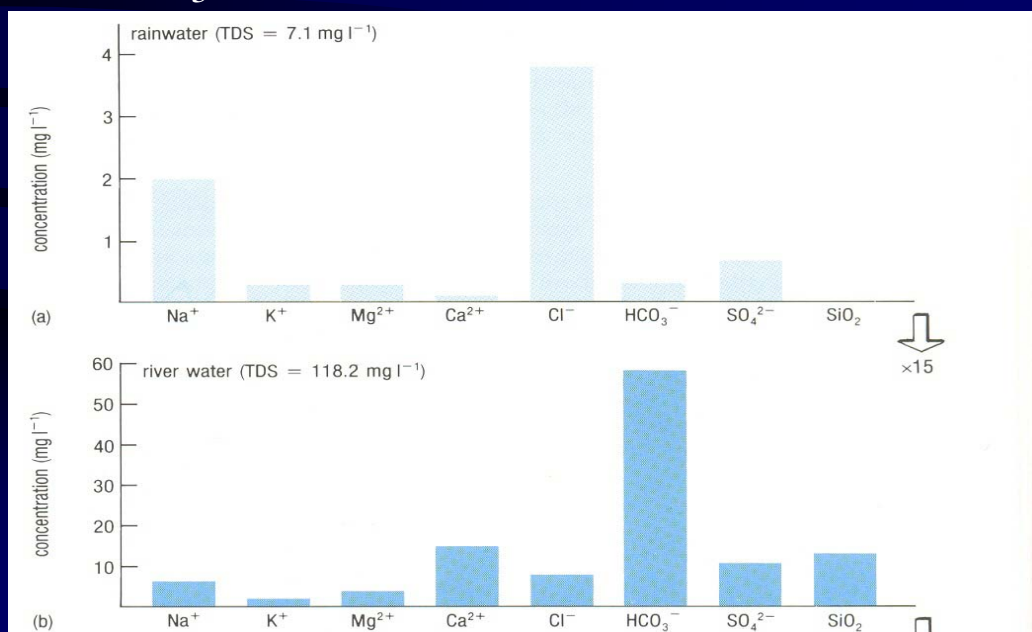
- **Inorgânico:**
  - material sedimentar, fragmentos de rochas, especialmente, aluminossilicatos.
  - ORIGEM EXTERNA (rios, deposição atm, colóides, precipitados de Fe e Mn e complexos formados em estuários)
- **Orgânico:**
  - material biológico: DOC, açúcares, aminoácidos, proteínas, fito e zooplâncton, pelets fecais, conchas e detritos
  - ORIGEM INTERNA

Se os rios são as principais fontes de sais dissolvidos para a água do mar, porque a água do mar não é uma versão concentrada da concentração média dos rios???

Ciclo hidrológico?  
Reatividade química?  
Intemperismo?

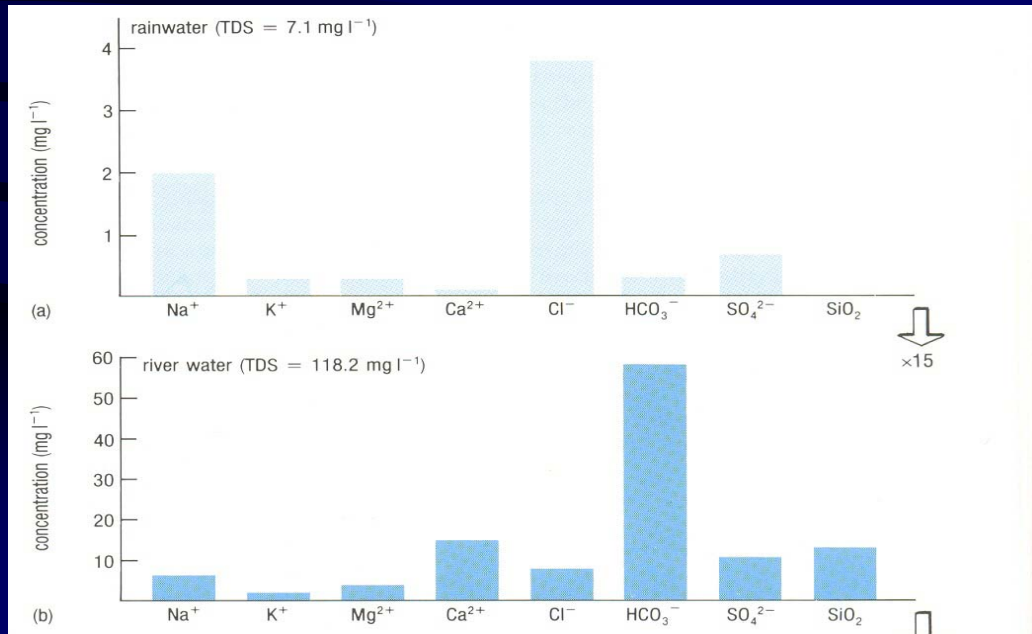
## Composição das águas naturais

- Chuva: gases dissolvidos, pH 5.7
- Variações locais
- $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{HCO}_3^-$ : carbonatos e silicatos

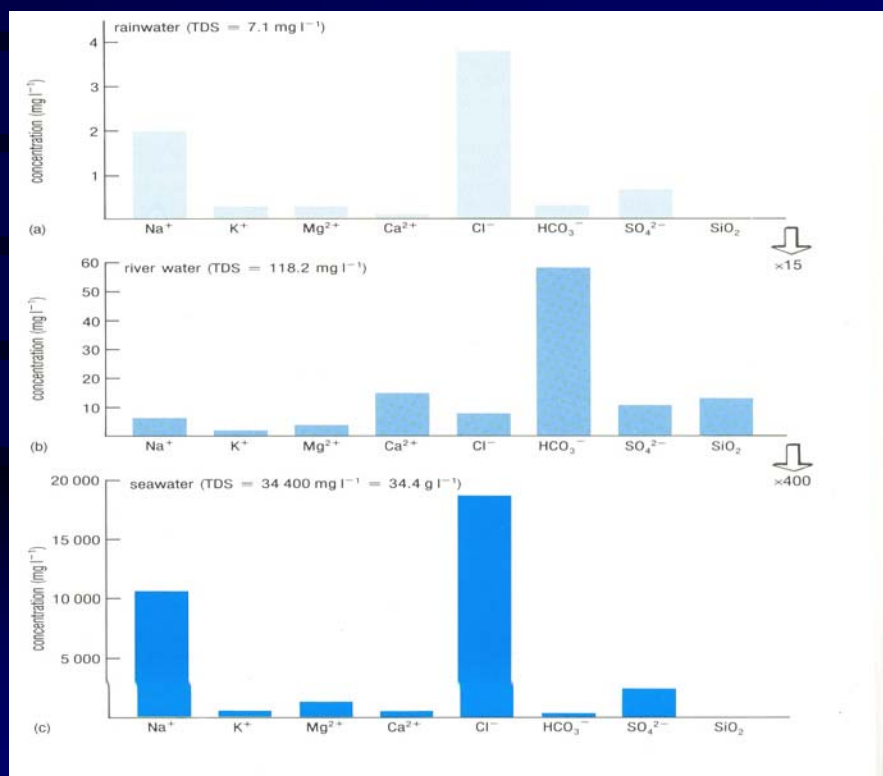


# Composição das águas naturais

- Chuva: gases dissolvidos ( $\text{CO}_2$  e  $\text{SO}_2$ ), pH 5.7
- Variações locais
- $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{HCO}_3^-$ : carbonatos e silicatos



# Composição das águas naturais



## Composição das Águas Naturais

- Água do mar tem 300 vezes mais sais dissolvidos que a média da água doce;
- Mistura de elementos é bem diferente na água do mar
- $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{SiO}_2$ : removidos da água
- Grande parte dos elementos tem origem continental

## Composição das Águas Naturais

- $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ : grande abundância na crosta terrestre;
- $\text{Cl}^-$ : pequena concentração na crosta ( $> 0,01\%$ ) e, portanto, apenas uma quantidade insignificante vem da erosão terrestre;
- $\text{Cl}^-$  presente nas águas fluviais são proveniente da ciclagem dos sais marinhos via aerossóis

Qual é a origem do  $\text{Cl}^-$  então?

## Origem do Cloreto

É o vulcanismo

- O Cloreto de Hidrogênio (HCl) é um importante constituinte dos gases vulcânicos;
- Vulcanismo ativo antigamente;
- Grande quantidade de gases solúveis foram emitidos e se dissolveram no oceano
- “Excess Volatile”

## Origem dos Elementos

- Existem outros elementos presentes na água do mar que não podem ser explicados pelo intemperismo terrestre?
- Como podemos avaliar isto?

Compara-se a quantidade total de um elemento adicionado no oceano pela ação do intemperismo rochoso, com sua quantidade dissolvida na água do mar.

## Origem dos Elementos

- Balanço de massa: O Balanço de Sódio
- Na tem origem exclusivamente terrestre;
- Calcula-se a quantidade de rocha continental que tem que sofrer intemperismo para gerar a concentração observada em 1L de água do mar;
- Compara-se os outros elementos com Na

## Origem dos Elementos

- Por ex:
  - 11g/L de Na na água do mar
  - Conc. Média de Na na crosta é 1,8g em 100g rocha
  - Estima-se que 600g de rocha precisa ser intemperizada para explicar a quantidade de Na presente na água do mar

## Origem dos Elementos

- Menos que 10% de qualquer um dos elementos encontrados nas rochas precisam ser intemperizados para explicar suas concentrações no oceano
- **Será então que o intemperismo não é importante?**
- Rápida remoção dos elementos da água do mar
- Menor a % de elemento dissolvido, mais eficiente foi o processo de remoção biológica ou inorgânica e, portanto, menor o tempo de residência na coluna d'água.

## Origem dos Elementos

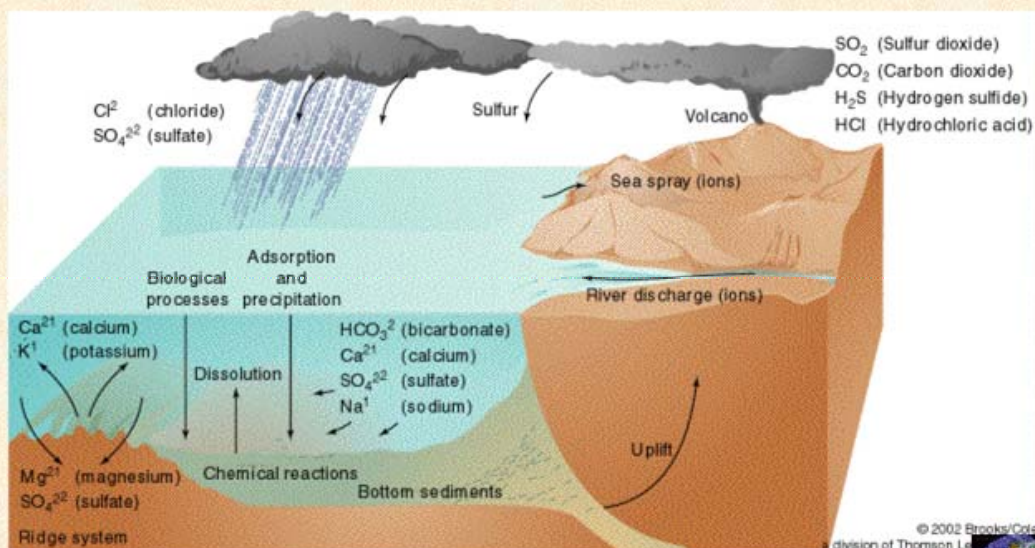
- Isso explica porque a água do mar não é apenas uma versão concentrada da água do rio.
- O tempo de residência do cálcio e do  $\text{HCO}_3^-$  é muito menor que do Na e  $\text{Cl}^-$ .
- Recentemente: atividades hidrotermais nas cordilheiras oceânicas (Mn).

# Processos que controlam a composição da água do mar

- Os componentes da água do mar são dinâmicos e não estáticos
- Existe um contínuo aporte e perda dos componentes da água do mar

## Sources and Sinks of Seawater Salts:

- Balance of inputs and outputs
  - seawater composition uniform through time over last 1.5Ga





# Aproximação “steady-state”

Os processos no oceano são cíclicos

**Taxa de entrada = Taxa de saída**

A composição do oceano se mantém constante. Existe evidencia de que a composição do oceano está constante nos últimos **100 M de anos**

## Tempo de Residência

Tempo médio que um constituinte passa dentro do oceano

Tempo de residência =  $\frac{\text{quantidade de elemento no oceano}}{\text{taxa de entrada ou saída}}$

Assumindo que os rios são as principais fontes

# Fluxos Fluviais e Tempo de Residência

**Table 6.4** River fluxes and residence times of some dissolved constituents in seawater.

Constituent	River flux* ( $\times 10^8 \text{ t yr}^{-1}$ )	Mass in ocean† ( $\times 10^{14} \text{ t}$ )	Residence time ( $\times 10^6 \text{ yr}$ )	
			(uncorrected)*	(corrected)
Na <sup>+</sup>	2.05	144	70.2	210
K <sup>+</sup>	0.75	5	6.7	10
Ca <sup>2+</sup>	4.88	6	1.23	1.4
Mg <sup>2+</sup>	1.33	19	14.3	22
Cl <sup>-</sup>	2.54	261	103	( $\infty$ )
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	18.95	1.9	0.1	0.1
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	3.64	37	10.2	11
SiO <sub>2</sub>	4.26	0.08		0.02
Fe	0.01	0.000 001		0.000 1
Zn	0.000 7	0.000 006		0.009
Mn	0.000 04	0.000 000 4		0.001

\* These values are not corrected for cyclic salts.

† Amounts differ somewhat from those in Table 6.1 (see the accompanying text to that Table).

# Concentração x Tempo de Residência

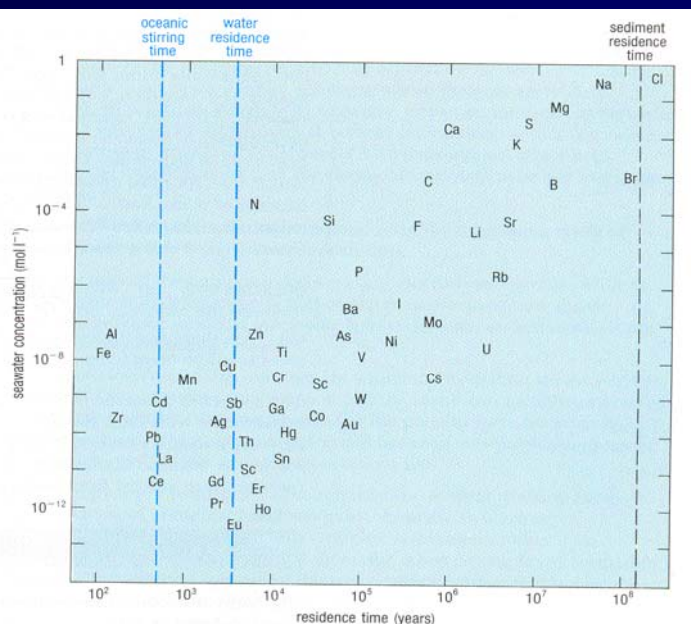


Figure 6.11 Graph showing the broad correlation between concentration ( $\text{mol l}^{-1}$ ) and residence time for several elements in seawater. Note that both scales are logarithmic. For water residence time, see Question 1.3(b) and its answer; for oceanic stirring time and sediment residence time, see the following text.

## Fontes de Sal

Processos que regulam os sais na água do mar:

- 1) Rochas ígneas (intemperismo, erosão): Ca, Na, Mg, Si, etc...
- 2) Gases vulcânicos: Cl<sup>-</sup>, Br<sup>-</sup>, B, CO<sub>2</sub>, e SO<sub>2</sub>
- 3) Fluxos fluviais
- 4) Poeira terrestre
- 5) Atividades hidrotermais

## Remoção/Depósitos de sal

- Atividade biológica
- Interação com material particulado
- Precipitação
- Enterramento de água intersticial

# Propriedades dos Sais

## **Comportamento conservativos são:**

- Alterados apenas por processos físicos
  - Salinidade
  - Concentração de gás inerte

## **Comportamento não conservativos:**

- Alterados por processos que ocorrem na coluna d'água
  - Processos biológicos
  - Processos geoquímicos

# Propriedades Não Conservativa do O<sub>2</sub>

## Processo Biológico

$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{fotossíntese} \rightarrow \text{matéria orgânica}$   
 $\text{inorgânico N} \leftarrow \text{respiração} \leftarrow + \text{O}_2$   
 $\text{inorgânico P}$

## Processo Físico

$\text{O}_2 \text{ atmosfera} \rightarrow \text{O}_2 \text{ dissolvido}$   
 $\leftarrow$

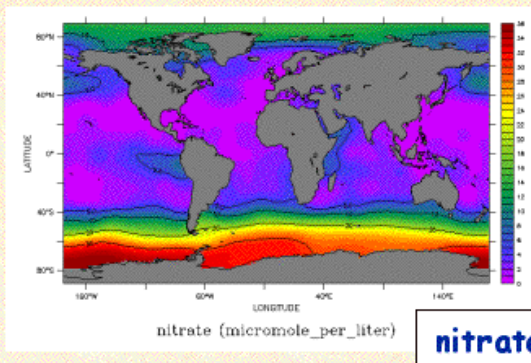
# Propriedades Não Conservativa Nutrientes

Elementos ou compostos necessários  
para o fitoplâncton

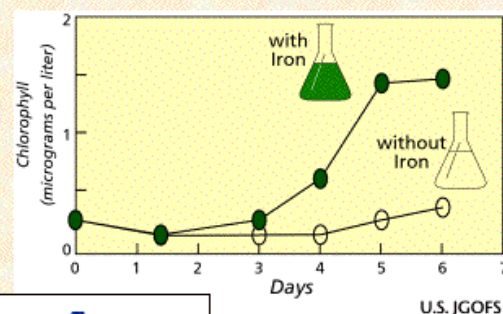
- N : nitrato e amônio
- P: fosfato
- S: silicato
- Metais traços: Fe, Zn, Mo, Cu, Co

## Behavior of Salts:

- **Conservative and Non-Conservative**
  - conservative, unaffected by biological processes
    - most elemental constituents
  - non-conservative, elements taken or required by biological processes (essential nutrients)
    - nitrogen, phosphorus, silicon, oxygen, carbon, iron
    - often depleted or limiting



G131 Oceans & Our Global Environment



Iron  
fertilization

Salt Behavior

