

Exercício – HISTÓRIA GEOQUÍMICA DA ÁGUA DO MAR

Para nossos propósitos, vamos assumir que a Terra atingiu seu tamanho atual há 4Ga e os cálculos tem este tempo como inicial. Alguns cálculos podem ser úteis nos dar uma perspectiva da história dos oceanos e para obter uma apreciação simples das magnitudes dos vários processos envolvidos na história dos oceanos.

1. FLUXO DE ÁGUA - Uma vez que o volume total oceanos modernos é $1,35 \times 10^{18} \text{ m}^3$, calcule o fluxo constante de água necessário para preencher a atual bacia oceânica durante os 4×10^9 anos da história da Terra.

$$\begin{aligned} \text{Volume / idade} &= 1,35 \times 10^{18} \text{ m}^3 / 4 \times 10^9 \text{ anos} = \\ &0,338 \times 10^9 \text{ ou } 338 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano} \text{ ou } 338 \text{ milhões m}^3/\text{ano} \\ &1 \text{ ano} = 31,5 \text{ milhões de segundos} \\ &1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L} = 1 \text{ t} \\ &(338 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}) / 31,5 \times 10^6 \text{ seg} = 11 \text{ m}^3/\text{s} \text{ ou } 11 \text{ t/s} \end{aligned}$$

2. APORTE DOS RIOS- Considerando a descarga anual dos rios atuais, o volume do oceano moderno seria preenchido pelos rios em quantos anos?

$$\begin{aligned} \text{Volume total oceanos} &= 1,35 \times 10^{18} \text{ m}^3 \\ \text{Descarga anual rios atuais} &= 3,74 \times 10^{13} \text{ m}^3/\text{ano} \text{ ou } 37,4 \text{ trilhões m}^3/\text{ano} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1,35 \times 10^{18} \text{ m}^3 / 3,74 \times 10^{13} \text{ m}^3/\text{ano} &= \\ 3,6 \times 10^{-1} \times 10^5 &= 36 \times 10^3 \text{ anos} \text{ ou } 36.000 \text{ anos} \end{aligned}$$

a) Assumindo as taxas atuais, durante últimos 4×10^9 anos da Terra. Calcule quantas vezes o volume total da água dos oceanos tem sido reciclada através dos rios.

$$\begin{aligned} 4 \times 10^9 \text{ anos} / 36 \times 10^3 \text{ anos} &= \\ (1,111 \times 10^{-1}) \times 10^6 &= 1,11 \times 10^5 \text{ ou } 111.000 \text{ vezes} \end{aligned}$$

3. TRANSPORTE DE MATERIAL PARTICULADO - Estima-se que a quantidade de material particulado (sedimentos) transportado para dentro dos oceanos, pelos rios, a cada ano seja aproximadamente $20 \times 10^9 \text{ t}$. Assumindo uma densidade de $2,5 \text{ t/m}^3$ para os sedimentos formados por este material.

$$\begin{aligned} \text{Quantidade material particulado transportado pelos rios anualmente} &= 20 \times 10^9 \text{ t} \\ \text{Assumindo densidade sedimentos} &= 2,5 \text{ t/m}^3 \\ \text{Volume material particulado para oceano por ano:} & \\ 20 \times 10^9 \text{ t} / 2,5 \text{ t/m}^3 &= 8 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{ano} \text{ ou } 8 \text{ bilhões m}^3/\text{ano} \end{aligned}$$

b) Estes sedimentos poderiam preencher o volume total do oceano em quanto tempo?

$$\begin{aligned} 1,35 \times 10^{18} \text{ m}^3 / 8 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{ano} &= \\ 0,169 \times 10^9 &= 169 \times 10^6 \text{ anos} \text{ ou } 169 \text{ Ma} \end{aligned}$$

c) As taxas atuais de transporte de sedimentos para os oceanos podem ser até 2 vezes maior que as taxas estimadas antes que os humanos iniciassem o processo de modificação do ambiente terrestre. Nas taxas atuais, o volume total da bacia oceânica poderia ter sido preenchido por sedimentos erodidos dos continentes quantas vezes durante sua história (taxa pré-homem)?

$$\begin{aligned} 4 \times 10^9 / 169 \times 10^6 &= \\ (2,4 \times 10^{-2}) \times 10^3 &= 0,024 \times 1000 = 24 \text{ vezes} \\ \text{Homem tem duplicado as taxas de sedimentos} & \end{aligned}$$

Taxas pré-homem = $24/2 = 12$ vezes durante sua história

4. TRANSPORTE DE MATERIAL DISSOLVIDO – O transporte total de material dissolvido transportado pelos rios atuais é de $3,74 \times 10^9$ t/ano e a densidade dos sólidos restantes da evaporação é $2,2$ t/m³.

a) Calcule o volume substâncias dissolvidas transportadas anualmente para os oceanos.

Volume = massa/densidade = $(3,74 \times 10^9 \text{ t/ano}) / (2,2 \text{ t/m}^3) = 1,7 \times 10^9 \text{ m}^3$ ou 1,7 trilhões m³/ano

b) Este volume levaria quanto tempo para preencher a bacia oceânica?

$1,35 \times 10^{18} \text{ m}^3 / 1,7 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{ano} =$

$(7,94 \times 10^{-1}) \times 10^9 =$

$7,94 \times 10^8$ anos ou 794 milhões de anos

c) Quantas vezes isto pode ter acontecido ao longo da história da Terra?

$4 \times 10^9 \text{ anos} / 8 \times 10^8 \text{ anos} =$

$0,5 \times 10^1 = \sim 5$ vezes

5. MASSA DA ÁGUA TRANSPORTADA COM OS SEDIMENTOS - Quando sedimentos são soterrados alguma água é retida entre os grãos (60 a 80% de água em peso), mas isto diminui rapidamente em função da profundidade de soterramento. Assumindo que quando os sedimentos são soterrados profundamente (finalmente removido o contato com o oceano) ele teve ter somente cerca de 10% de água por peso.

a) Assumindo um transporte de sedimentos pré-humano, calcule a taxa desta perda de água dos oceanos.

Sedimento profundamente soterrado: 10% água = (0,1)

material particulado transportado pelos rios anualmente (pré humano/2) = $(10 \times 10^9 \text{ t/ano})$

$0,1 (10 \times 10^9 \text{ t/ano}) \times (1 \text{ m}^3/\text{t}) = 1 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{ano}$ ou 1 bilhão m³/ano

$1 \text{ m}^3 = 10^3 \text{ L} = 1 \text{ t}$

$(1 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{ano}) \times 10^3 \text{ L} = 1 \times 10^{12} \text{ litros/ano} = 1 \text{ trilhão litros/ano}$

b) Esta rota de soterramento, sozinha, poderia exaurir toda água do oceano em quanto tempo?

Volume total oceanos = $1,35 \times 10^{18} \text{ m}^3$

$(1,35 \times 10^{18} \text{ m}^3) / 1 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{ano} = \sim 1,35 \times 10^9$ anos

c) Assim durante 4×10^9 anos de história da Terra, nas taxas e quantidades atuais, quantas vezes o volume inteiro do oceano pode ter sido transportado através do ciclo sedimentar?

$4 \times 10^9 \text{ anos} / 1,35 \times 10^9 \text{ anos} = 2,96$ ou ~ 3 vezes

6. MASSA DE ÁGUA TRANSPORTADA COM A CROSTA OCEÂNICA - Durante formação de crosta oceânica (centros de espalhamento), reações com a água do mar quente, durante a circulação hidrotermal, conduzem a formação de alguns minerais com água em sua estrutura, além disso, existe água presa nos espaços dos poros. A quantidade de água que poderia ser transportada para dentro do manto deste modo é de aproximadamente $1,2 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{ano}$.

a) Se todo este fluxo de água fosse subduzido para dentro do manto, poderia levar ao esvaziamento completo do oceano em quanto tempo?

$1,35 \times 10^{18} \text{ m}^3/\text{ano} / 1,2 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{ano} = 1,2 \times 10^9$ anos

b) Esta rota de perda de água para o manto, sozinha, poderia exaurir toda água do oceano em quanto tempo?

$$4 \times 10^9 \text{ anos} / 1,2 \times 10^9 \text{ ano} = 3,3 \text{ vezes}$$

7. Complete a tabela com os dados calculados anteriormente:

Processo	Volume atual	Tempo de preenchimento	n° aproximado de vezes
Fluxo de água para preencher a bacia oceânica atual	338 milhões m ³ /ano	4 Ga	
Aporte dos rios	37,4 trilhões m ³ /ano	36 ka	111 mil
Transporte de material particulado	8 bilhões m ³ /ano	169 Ma	24 12 (pré-humano)
Transporte de material dissolvido	1,7 bilhões m ³ /ano	794 Ma	5
Água transportada com sedimentos	1 bilhão m ³ /ano	1,35 Ga	3
Água transportada com crosta oceânica	1,2 bilhões m ³ /ano	1,2 Ga	3,3

8. Estes cálculos foram efetuados utilizando taxas que se aplicam para a época geológica atual. Quais os fatores que devem ter sido diferentes nas era primordiais que podem ter afetado os processos anteriores, sem, entretanto alterar a conclusão geral desenhada a partir destes cálculos?

O clima era diferente; os níveis relativos dos mares e dos continentes devem ter variado; a área dos continentes deve ter aumentado com o tempo.

9. Em função dos cálculos anteriores, explique porque a massa total de sedimentos transportados para os oceanos nos últimos 4Ga não preencheu completamente a bacia oceânica, porque os continentes não foram reduzidos a uma planície e a erosão não chegou a um fim e porque o oceano não foi completamente subduzido para dentro do manto.

Devem ter existido processos ativos constantemente renovando as bacias oceânicas e os continentes para manter o volume dos oceanos. Devemos, então, assumir que os processos envolvidos também devem ter controlado a composição química da água do mar. Examinando evidências destes processos podemos assumir que a Terra é um sistema dinâmico em quase-equilíbrio em função da tectônica de placas.