

---

# Ciclos Biogeoquímicos

---

Prof. Maximiliano Segala

Prof. Antônio Ruas

Saneamento Básico e Saúde Pública

---

# Introdução

- Energia solar proporciona condições para síntese de matéria orgânica pelos seres autótrofos e sua decomposição e retorno ao meio como elementos inorgânicos pela ações dos microconsumidores heterótrofos.
  - Este processo de reciclagem da matéria é de suma importância, uma vez que os recursos na terra são finitos e a vida depende do equilíbrio natural desse ciclo.
  - Nutrientes: elementos essenciais à vida disponíveis para os produtores, em forma molecular ou iônica.
-

# Introdução

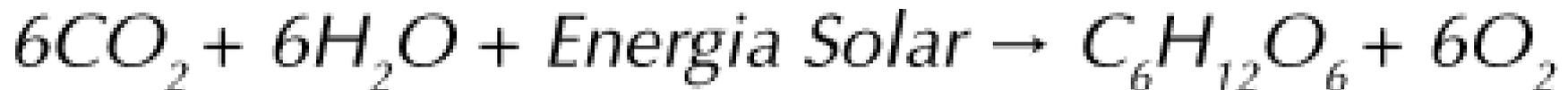
- Grupo dos Macronutrientes: participam em quantidades superiores a 0,2% do peso orgânico seco (p.o.s.):
  - carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O), nitrogênio (N), fósforo (P), enxofre (S), cloro (Cl), potássio (K), sódio (Na), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e ferro (Fe).
- Grupo dos Micronutrientes: participam em quantidades inferiores a 0,2% do p.o.s.:
  - alumínio (Al), boro (B), cromo (Cr), zinco (Zn), molibdênio (Mo), vanádio (V) e cobalto (Co).

# Introdução

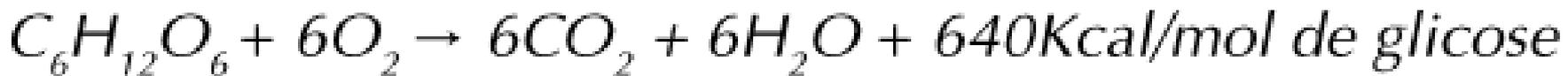
- Elementos essenciais fazem parte dos ciclos que recebem o nome de biogeoquímicos.
- Biogeoquímica: Ciência que estuda a troca ou a circulação de matéria entre os componentes vivos e físico-químicos da biosfera.
- Tipos de ciclos bioquímicos:
  - ciclo dos elementos vitais (macro e micronutrientes)
    - sedimentares (P, S, Ca, Mg, K) o reservatório é a litosfera
    - gasosos (C, N, O) cujo reservatório é a atmosfera.
  - ciclo de um composto vital (a água) - hidrológico.
- Devido ao maior tamanho do reservatório e mobilidade dos constituintes, os ciclos gasosos tendem a ser mais auto-regulados que os sedimentares.

# Ciclo do Carbono

- Carbono é o principal constituinte da matéria orgânica, participando em 49% p.o.s..
- O ciclo é perfeito, pois o C é devolvido ao meio à mesma taxa que é sintetizado pelos produtores.
- Somente 0,3% da luz solar é convertida pela fotossíntese.



- 1 a 10.000 partes na matéria viva é enterrada no solo.
- O CO<sub>2</sub> liberado na respiração recicla-se a uma taxa de aproximadamente 300 anos.

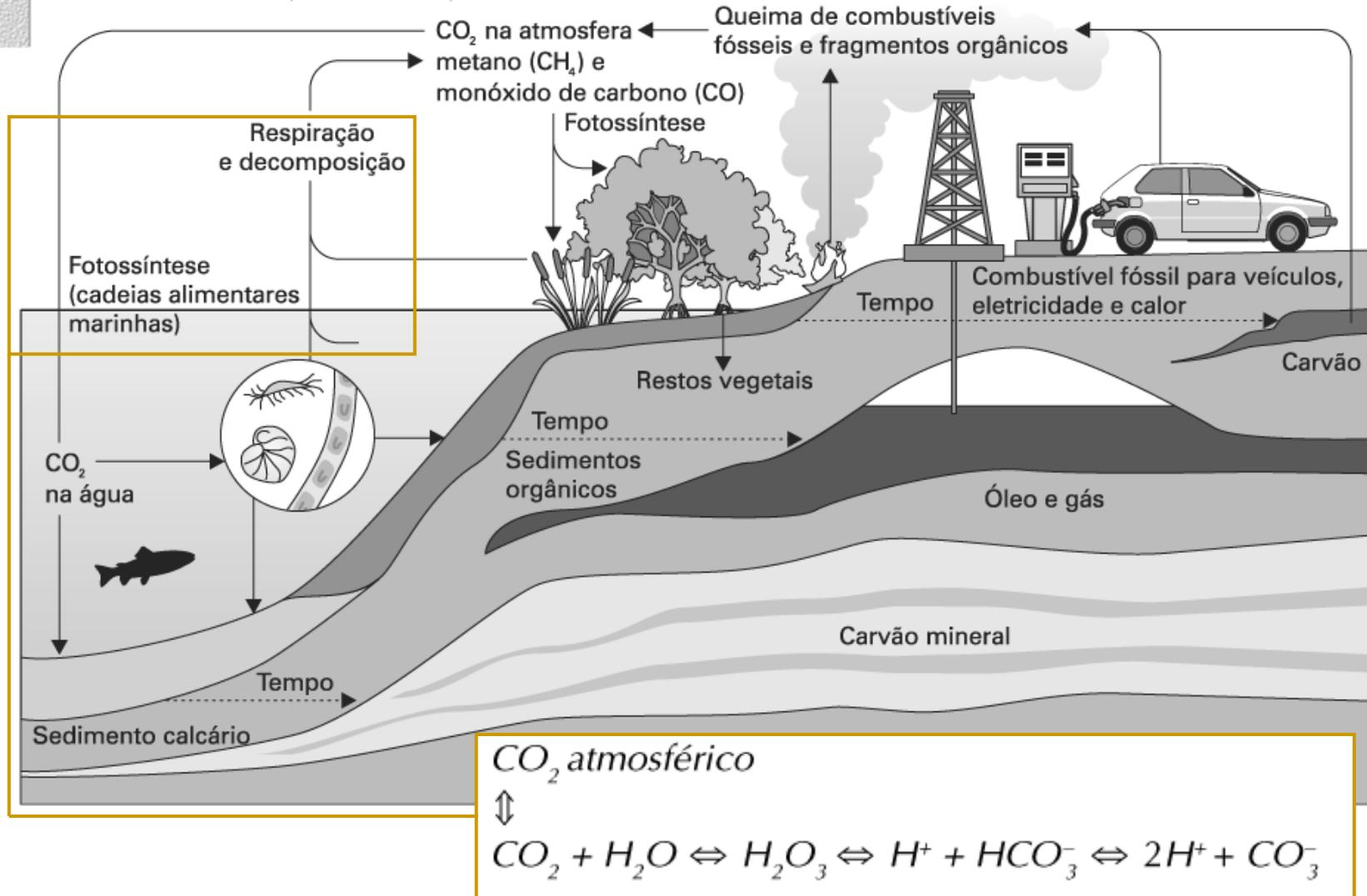


- Por meio da fotossíntese e da respiração o carbono passa da fase inorgânica para a orgânica (ver Água e a Litosfera).

# Ciclo do Carbono

FIGURA 4.1

O ciclo do carbono (Helou, 1999).



# Origem dos combustíveis fósseis

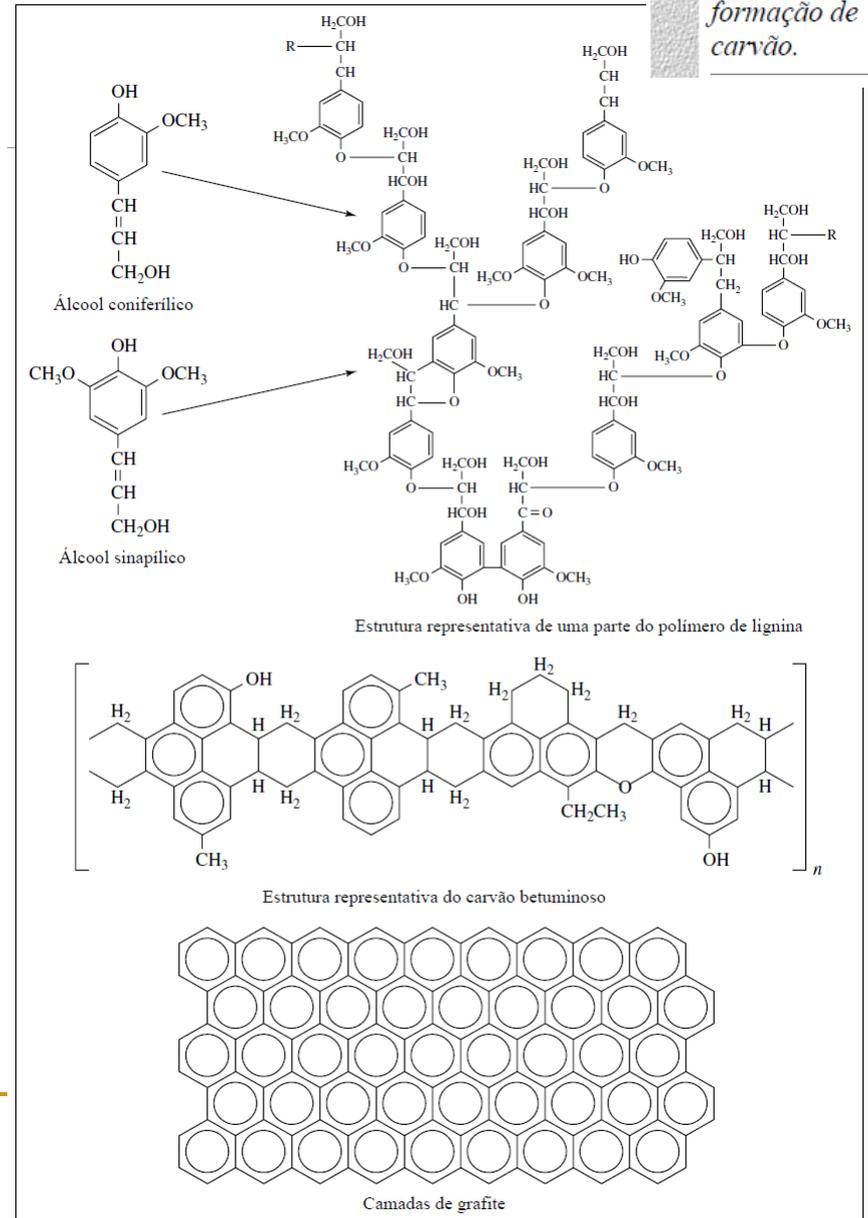
- Depósitos de petróleo e gás são de origem marinha.
- Fotossíntese produz de 25 a 50 bilhões de toneladas de carbono reduzido por ano e uma pequena fração assenta no fundo onde:
  - não há oxigênio
  - é coberta por argila e areia
  - é digerida por bactérias liberando oxigênio e nitrogênio
  - lipídios são mais resistentes (formarão os hidrocarbonetos)
- Com o soterramento há aumento de P e T:
  - Diminuição da ação bacteriana.
  - Reações de recombinação orgânica liberam gases de HC leves.
  - O gás acumula em bolsas formada sob rochas impermeáveis.
  - Petróleo tem origem nos compostos pesados remanescente.
  - Petróleo fica aprisionado nas camadas porosas das rochas.

# Origem dos combustíveis fósseis

- Carvão tem origem terrestre.
- Matéria vegetal de pântanos de 250 milhões de anos atrás.
- Lignina é mais resistente a ação bacteriana.
  - ❑ Compacta-se sob a água sob a forma de turfa.
  - ❑ Perde os oxigênios sob alta P e T.
  - ❑ Ligações adicionais entre os carbonos são formadas.

FIGURA 2.4

Unidades estruturais da formação de carvão.



# Energia combustível

**TABELA 2.1** *Algumas energias médias de dissociação de ligações.*

Ligação	Entalpia (kJ/mol)	Ligação	Entalpia (kJ/mol)
H—H	432	C≡O	1.071
O=O	494	C—C	347
O—H	460	C=C	611
C—H	410	C≡C*	519
C—O	360	N=O	623
C=H	799	N≡N	941

\* Aromático, ordem de Ligação 1,5.

$$\begin{aligned} \text{H-H: } & 2 \times 432 = +864 \\ \text{O=O: } & \quad \quad = +494 \\ \text{O-H: } & 4 \times 460 = -1840 \end{aligned}$$

Resultado:  $-482 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$   
(liberados na combustão)

**TABELA 2.2** *Energias de combustão estimadas a partir das energias de ligação.*

	Conteúdo de energia (kJ)				CO <sub>2</sub> por 1.000 kJ
	Entalpia de reação	Por mol de O <sub>2</sub>	Por mol de combustível	Por grama de combustível	
Hidrogênio: $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$	482	482	241	120	0
Gás natural: $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	810	405	810	51,6	1,2
Petróleo: $2(-\text{CH}_2-) + 3\text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	1.220	407	610	43,6	1,6
Carvão: $4(-\text{CH}-) + 5\text{O}_2 \rightleftharpoons 4\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	2.046	409	512	39,3	2,0
Etanol: $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 3\text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$	1.257	419	1.257	27,3	1,6
Celulose: $(-\text{CHOH}-) + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	447	447	447	14,9	2,2

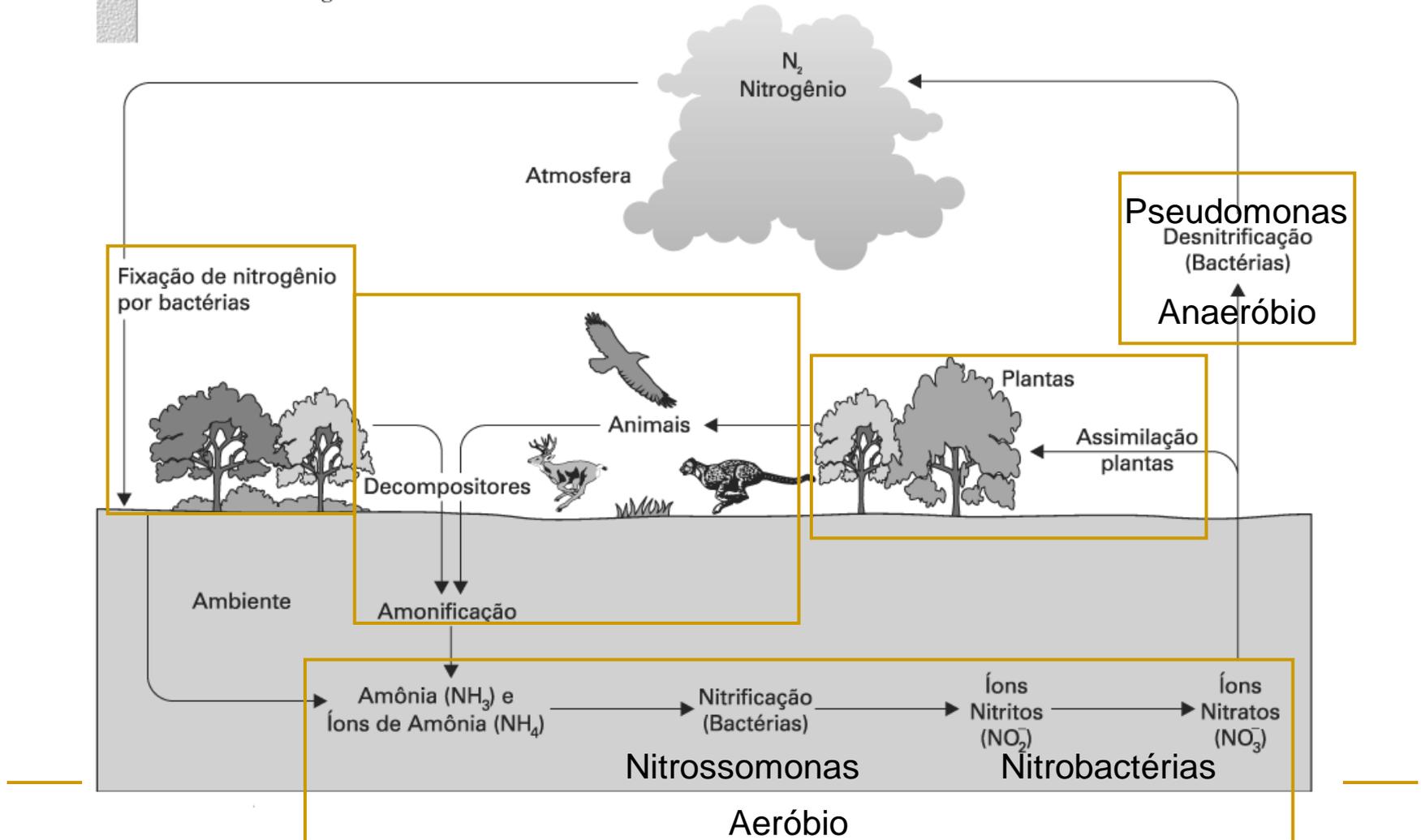
# Ciclo do Nitrogênio

- Importante ciclo gasosos, pois N (e P) têm papel importante na produção agrícola e o envolvimento biológico é mais extenso que no caso do ciclo do carbono.
- Apesar de 78% da atmosfera ser  $N_2$ , só um seletivo grupo de organismos consegue utilizá-lo.
- A principal fonte de N para os produtores é o nitrato ( $NO_3^-$ ) fruto da decomposição de matéria orgânica, pela ação de bactérias fixadoras e descarga elétrica atmosféricas.
- Fixação varia de 140 a 700  $mg/m^2/ano$ . Destes, 35 são físico-químicos e o **restante biológico (muitos mais importante)**.

# Ciclo do Nitrogênio

FIGURA 4.2

*O ciclo do nitrogênio.*



---

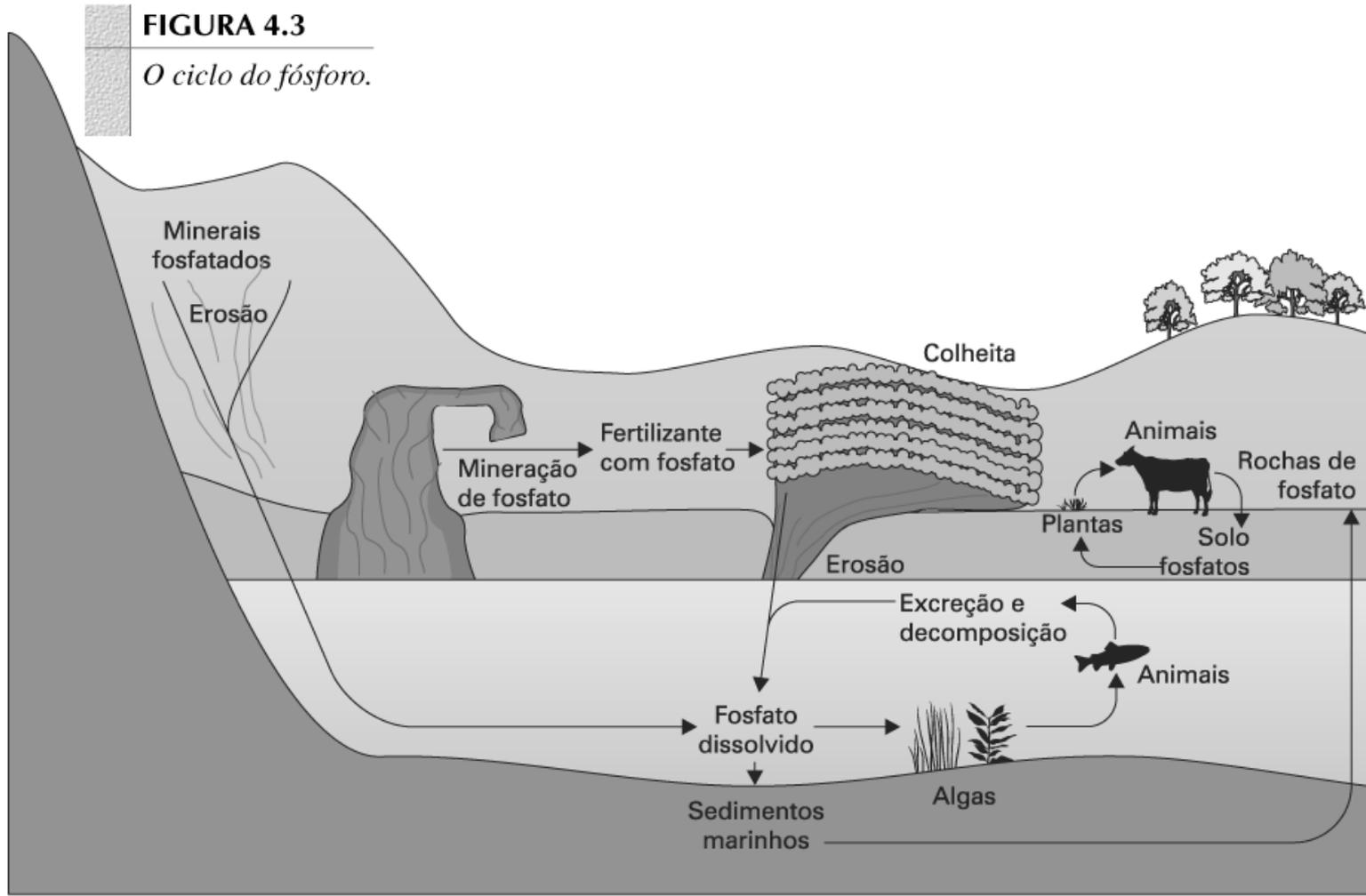
# Ciclo do Fósforo

- Ciclo predominantemente sedimentar e lento, de grande importância na produção primária sendo o principal reservatório as rochas fosfatadas.
  - Por meio da erosão é liberado o fosfato que é consumido pelos produtores e parte deste fosfato é carregada para os oceanos onde se acumula a grandes profundidades.
-

# Ciclo do Fósforo

**FIGURA 4.3**

*O ciclo do fósforo.*



---

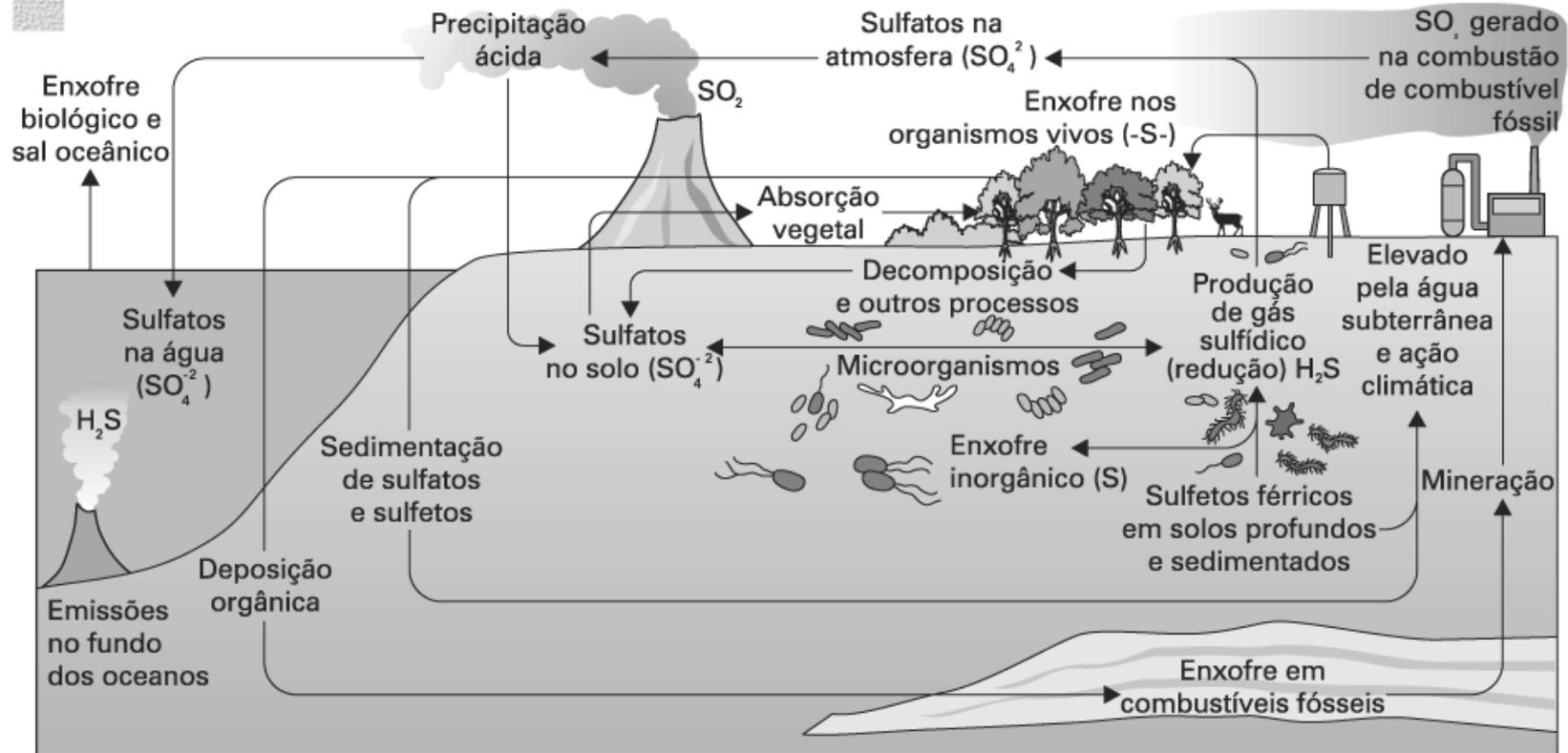
# Ciclo do Enxofre

- Ciclo sedimentar com uma fase gasosa, sendo o sulfato a principal forma de assimilação pelos produtores.
  - Em condições anaeróbicas é convertido em  $H_2S$  (gás extremamente tóxico e malcheiroso).
  - Sob condições anaeróbicas e na presença de Fe precipita na forma de sulfetos de ferro, permitindo a solubilização do fósforo e sua consequente utilização.
  - Grande quantidade de dióxido de enxofre são liberados pelo homem através da queima de combustíveis fósseis, o qual contribui para chuva ácida e *smog* industrial.
  - Interferência no Albedo terrestre (ver aula Albedo).
-

# Ciclo do Enxofre

FIGURA 4.4

*O ciclo do enxofre.*



# Ciclo Hidrológico

- Estima-se que a precipitação anual no planeta seja de 551 mil km<sup>3</sup>, sendo 215 mil km<sup>3</sup> sobre os continentes e 336 mil km<sup>3</sup> sobre os oceanos. Desta forma:
  - O ciclo é muito rápido: a umidade atmosférica precisa ser reposta 40 vezes ao ano e que corresponde a um tempo de residência de 9 dias.
  - Nos oceano a evaporação excede a precipitação, sendo o inverso observado nos continentes (parte da água na chuva dos continente vem dos oceanos).
- Esta circulação de umidade entre os oceanos e os continentes é fundamental para o clima de diversas regiões do planeta.

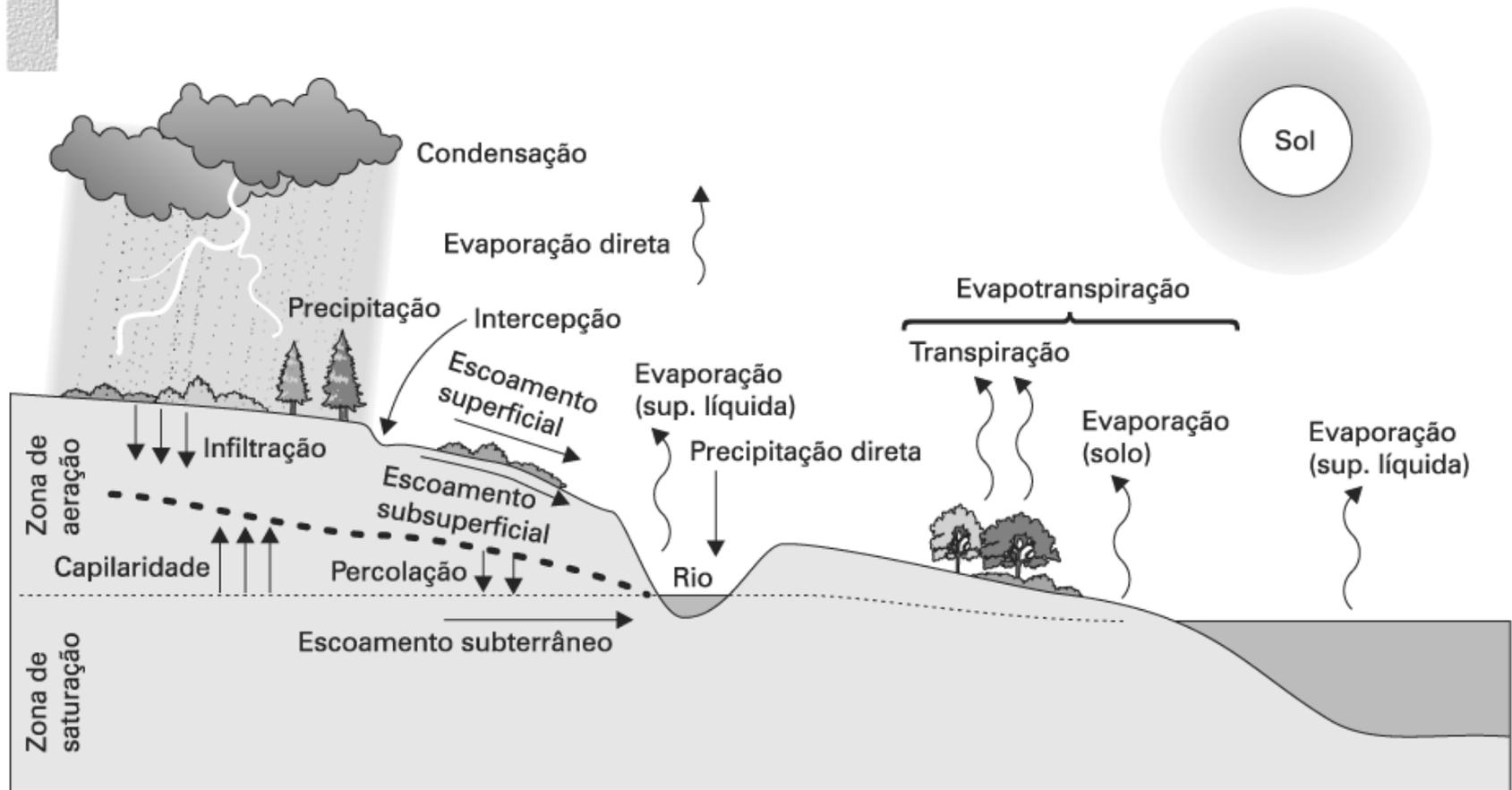
# Ciclo Hidrológico

- Processos do ciclo:
  - ❑ Detenção: parte da água fica retida na vegetação e outras cavidades e retorna para a atmosfera por evaporação ou vai para o solo por infiltração.
  - ❑ escoamento superficial: escoamento até a chegada em corpos d'água ou evaporação ou infiltração.
  - ❑ Infiltração: água pode, sobre evaporação, ser utilizada pela vegetação, escoar pela camada superior do solo ou alimentar o lençol subterrâneo.
  - ❑ escoamento subterrâneo: bem mais lento que o superficial, também alimenta os corpos d'água.
  - ❑ Evapotranspiração: perda de água pela camada vegetal.
  - ❑ Precipitação: condensação da água na atmosfera e consequente precipitação para o solo.

# Ciclo Hidrológico

FIGURA 4.5

*O ciclo hidrológico.*



---

# Recomendação de filme e sítios

- There's no Tomorrow
    - Apresenta na forma de animação a criação dos combustíveis fósseis, bem como, o uso que os homens fazem dele.
    - Assista ao filme: <http://youtu.be/VOMWzjrRiBg>
    - Acesse o site: <http://www.incubatepictures.com/>
-

---

# Referências Bibliográficas

- B. Braga; et al.; Introdução à Engenharia Ambiental; 2ª ed.; São Paulo: Pearson Prentice Hall; 2005. (Cap. 4).
  - T. G. Spiro; W. M. Stigliani; Química Ambiental; 2ª ed.; São Paulo: Pearson Prentice Hall; 2009. (Cap. 2).
  - C. R. Martins; P. A. P. Pereira; W. A. Lopes e J. B. de Andrade; Química Nova na Escola 2003 (5) 28-41 (relações entre atm e ciclos biogeoquímicos).
-