

Rochas sedimentares
(3 exercícios)

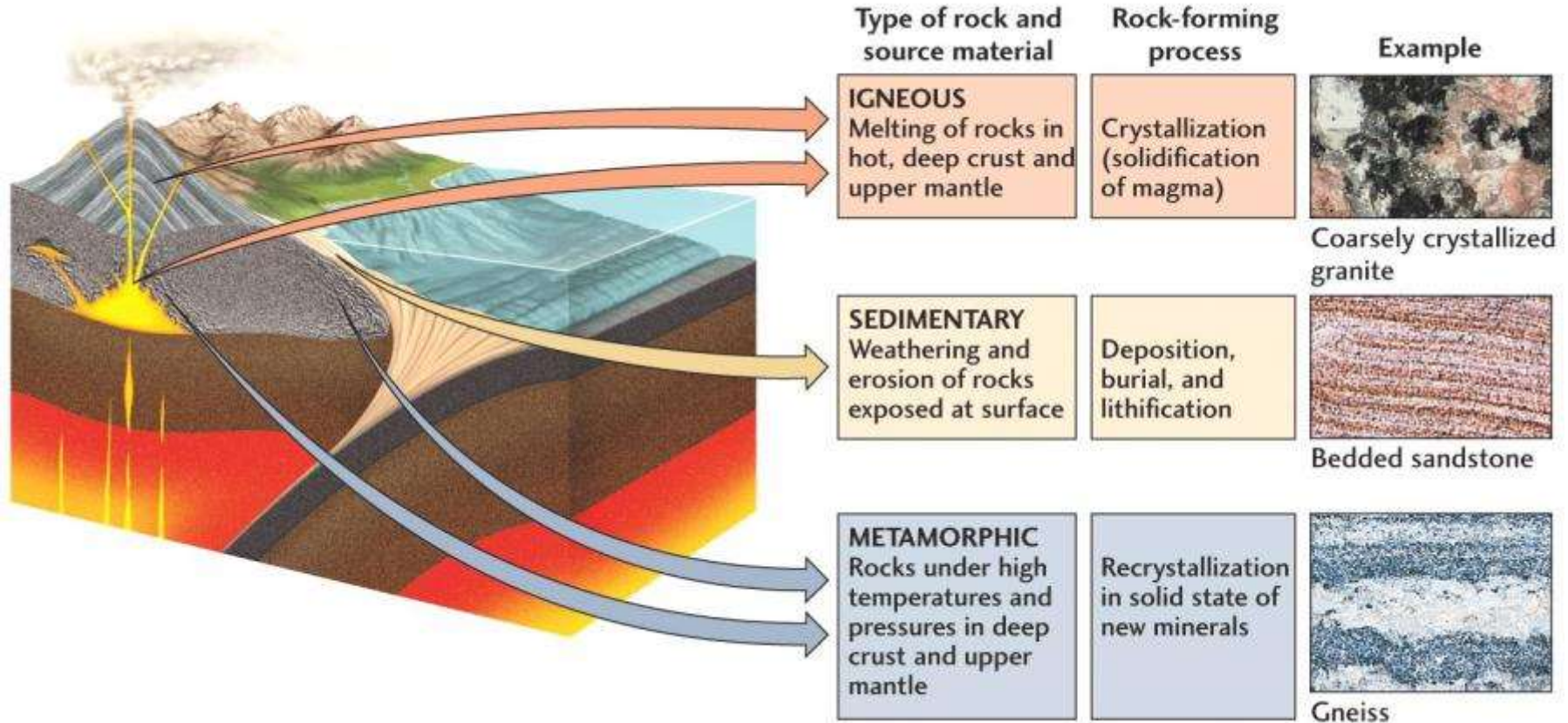
+

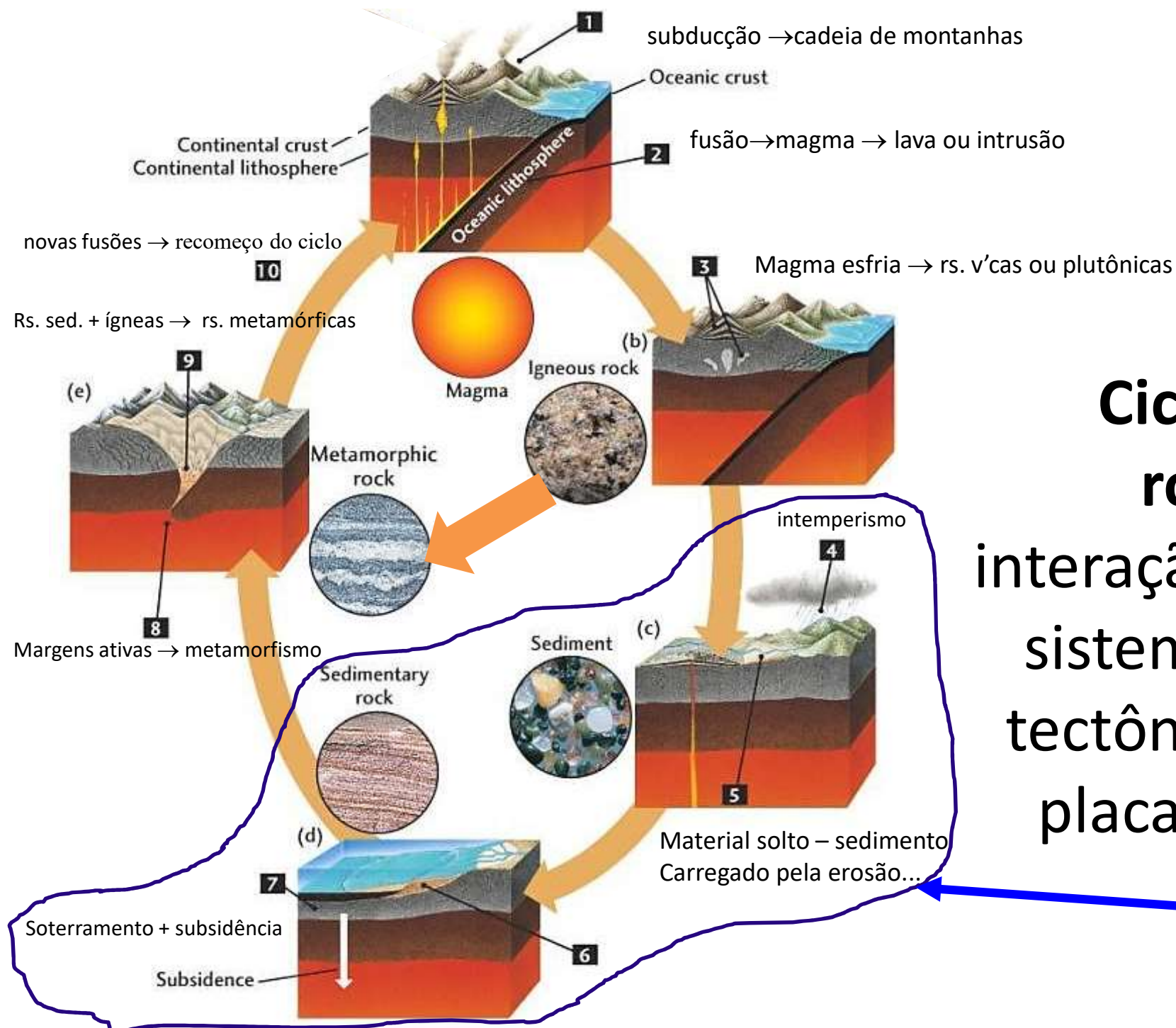
Geomorfologia
(1 exercício)



**Dinâmica externa – O ciclo das rochas
com ênfase no intemperismo,
erosão, transporte e deposição**

Três tipos de rochas





Ciclo das rochas:
 interação dos sistemas da tectônica de placas e do clima

Rochas Sedimentares



1. Origem
2. Estágios sedimentares
3. Componentes e Estruturas sedimentares
4. Classificação
5. Importância

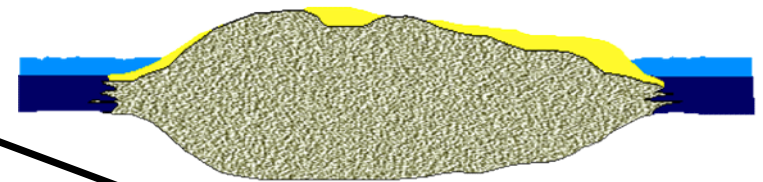
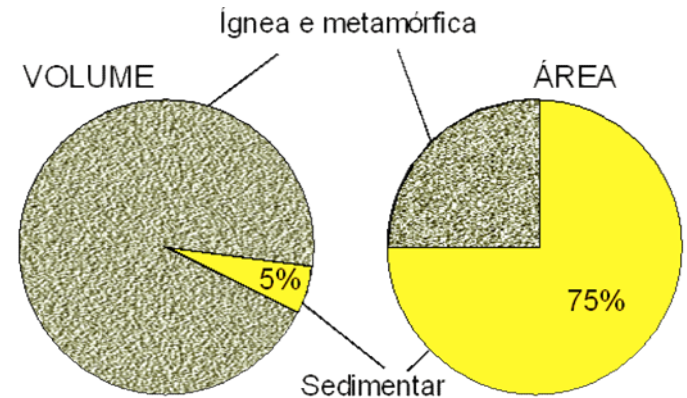
1. ORIGEM

ROCHAS SEDIMENTARES

Compõem a maior parte da superfície da Terra

Originam-se de sedimentos

3 grandes grupos:



1

Gerados pelo **intemperismo** dos continentes: terrígenas **(clásticas)**

2

Cristais inorgânicos **precipitados** a partir de E químicos dissolvidos em lagos e oceanos: **químicas**

3

Restos de organismos: **biogênicas (orgânicas)**

Clástico ou Detrítico

Químico ou Bioquímico (não clásticos)

2. ESTÁGIOS SEDIMENTARES

ESTÁGIOS

Rochas pré-existent



Intemperismo



Sedimentos

Erosão



Transporte



Água, vento, gelo

Deposição (*em depressões, bacias*)



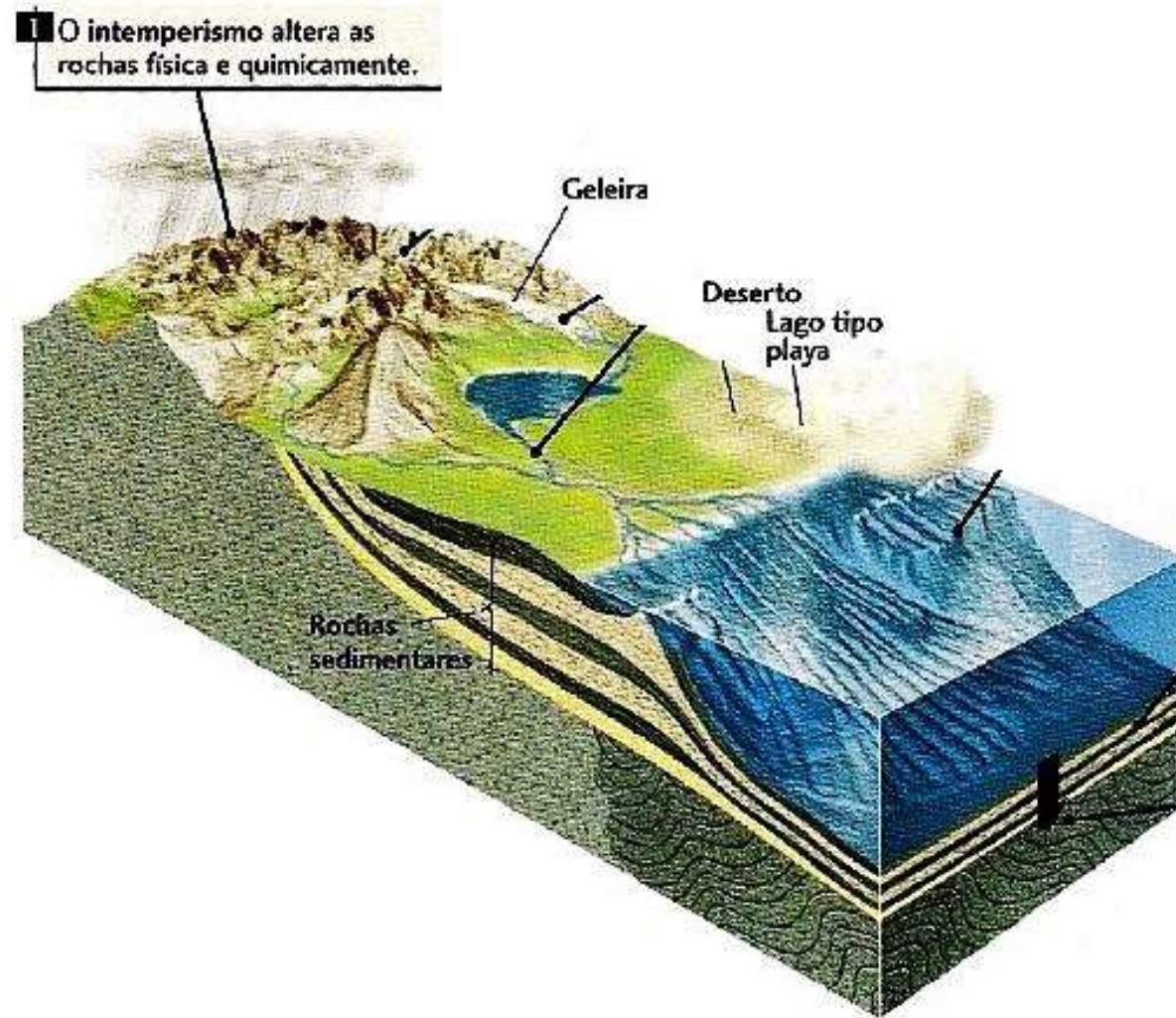
Ambientes de sedimentação

Soterramento



Diagênese (*compactação e cimentação*)

Intemperismo



INTEMPERISMO

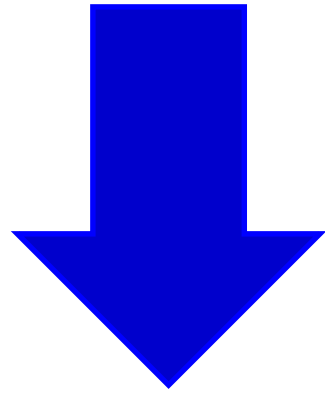
- Processo ou conjunto de processos combinados **químicos, físicos e/ou biológicos** de desintegração e/ou degradação e decomposição de rochas causados por agentes geológicos diversos junto à superfície da **crosta terrestre**
- Conjunto das modificações de ordem **física** (desagregação) e **química** (decomposição) que as rochas sofrem ao aflorar na Terra, i.e., são os mecanismos pelos quais as **rochas são alteradas e destruídas em superfície.**
- Os produtos do intemperismo – **rocha alterada e solo** – estão sujeitos a outros processos do ciclo supérgeno (erosão, transporte e sedimentação).

Intemperismo



- A. Fatores condicionantes do intemperismo
- B. Tipos de Intemperismo
- C. Formação do solo

A. FATORES CONDICIONANTES DO INTEMPERISMO



O que controla o Intemperismo ?

O que controla o Intemperismo ?

Material parental: tipo de rocha (mineralogia), estrutura, textura, etc...



MATERIAL PARENTAL



Uma rocha silicática como o granito é mais resistente à alteração que uma rocha carbonática, como o mármore.

Fig. 8.15 Rochas diferentes expostas na mesma época (década de 1960), apresentando diferentes graus de alteração. A escultura, em mármore, encontra-se bastante alterada, enquanto o túmulo, em granito, está bem melhor preservado. Foto: M. C. M. de Toledo.

- Os minerais alteram-se em taxas diferentes
- *A estrutura* das rochas pode condicionar sua suscetibilidade em fragmentar-se

Ordem de suscetibilidade crescente à decomposição:

Óxidos \Rightarrow silicatos \Rightarrow carbonatos/sulfetos

O que controla o Intemperismo ?

Clima: precipitação e T, regulam a natureza e a velocidade das reações químicas



CLIMA

- É o fator que, isoladamente, mais influencia o intemperismo, determinando seu tipo e velocidade.
- Os dois principais parâmetros climáticos são a *precipitação* e a *temperatura* ⇒ altas temperaturas e chuvas intensas ⇒ maior a taxa de crescimento de microorganismos
 - Quanto mais *água* disponível (pluviosidade total) mais intenso o intemperismo.
 - Quanto maior a *temperatura* mais aceleradas as reações químicas do intemperismo.
- Assim, o intemperismo **é mais pronunciado nos trópicos**, relativamente às regiões situadas nas zonas temperadas do globo (água predominantemente no estado sólido) ou desérticas (ausência de água). **Exemplo clássico:** o obelisco egípcio de mais de 3000 anos levado para a cidade de Nova Iorque.

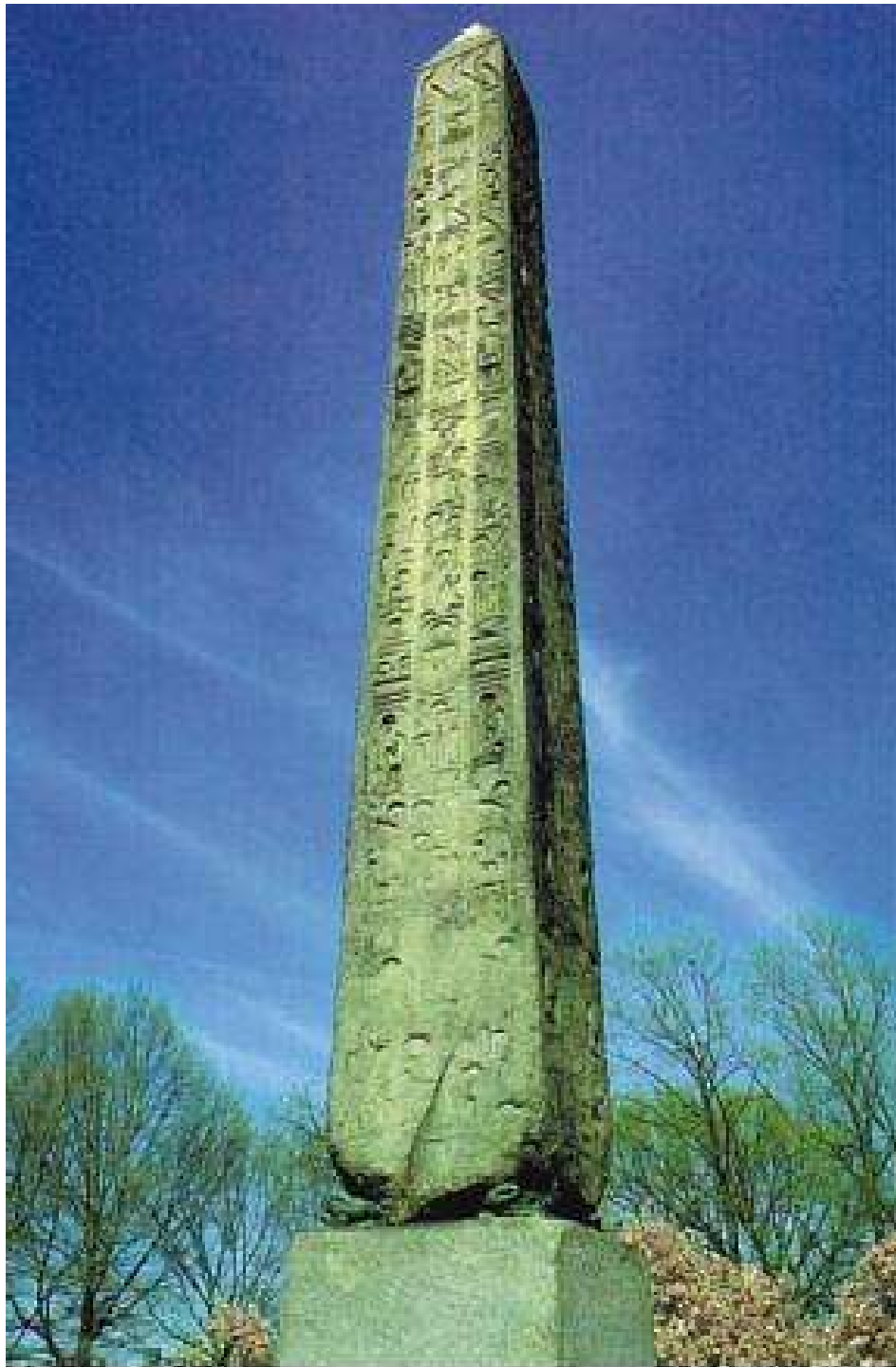
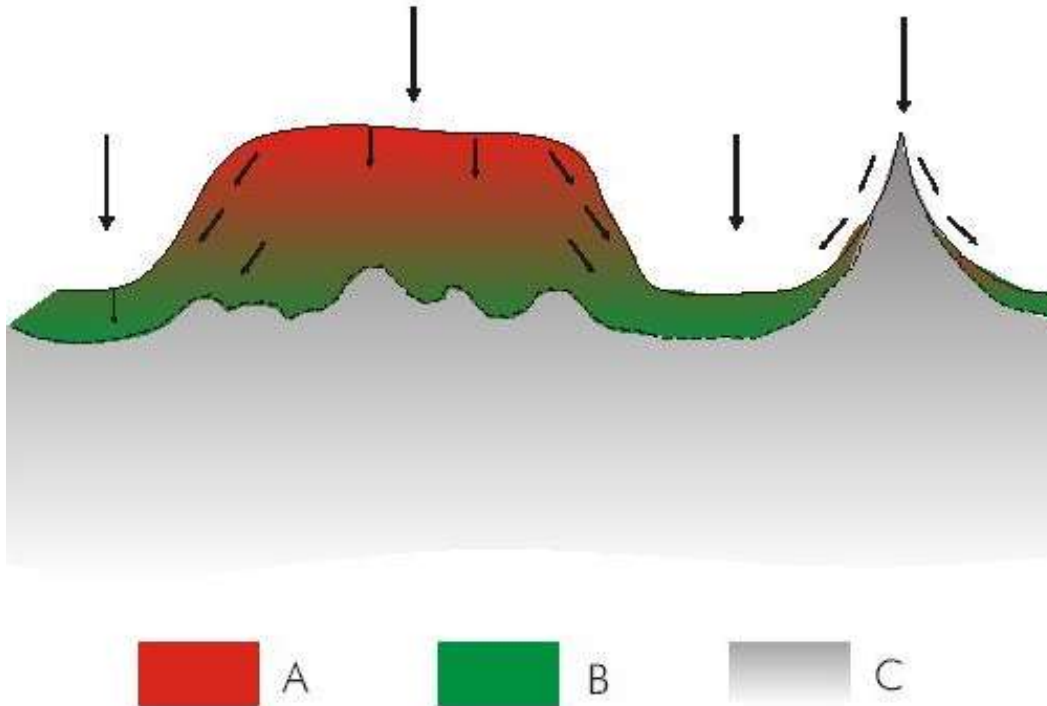


Fig. 8.20 A agulha de Cleópatra, um obelisco egípcio de granito, sofreu alteração mais intensa em 75 anos em Nova Iorque do que em 35 séculos no Egito, sob clima muito mais seco. Foto: M. C. M. de Toledo.

O que controla o Intemperismo ?

Topografia: Regula a velocidade do escoamento superficial das águas pluviais, controlando a quantidade que se infiltra nos perfis de solo: infiltração e drenagem



- Infiltração contínua: maior de contato da água com os materiais de superfície, consumação de reações químicas e drenagem para lixiviação de produtos solúveis.

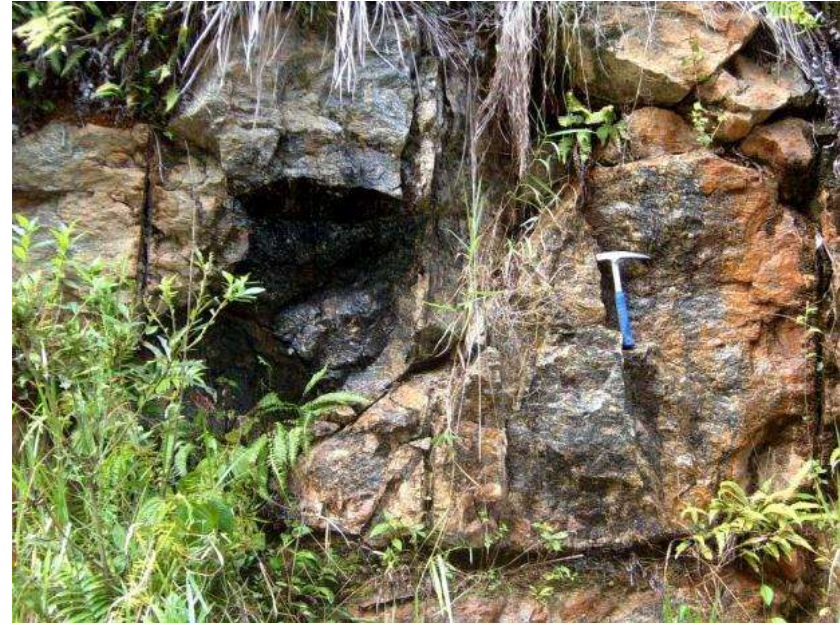
- *Platôs com encostas suaves* constituem o relevo ideal para o desenvolvimento de perfis de alteração profundos e evoluídos, contrariamente às *encostas muito íngremes*, que apresentam rápido escoamento superficial



Vale dos Monumentos (Arizona – EUA) evidenciando platôs com solos bem desenvolvidos e penhascos desprovidos de solo.

O que controla o Intemperismo ?

Biosfera: m.o \rightarrow CO_2 \rightarrow \downarrow pH das águas de infiltração \rightarrow comportamento quím. elementos



BIOSFERA

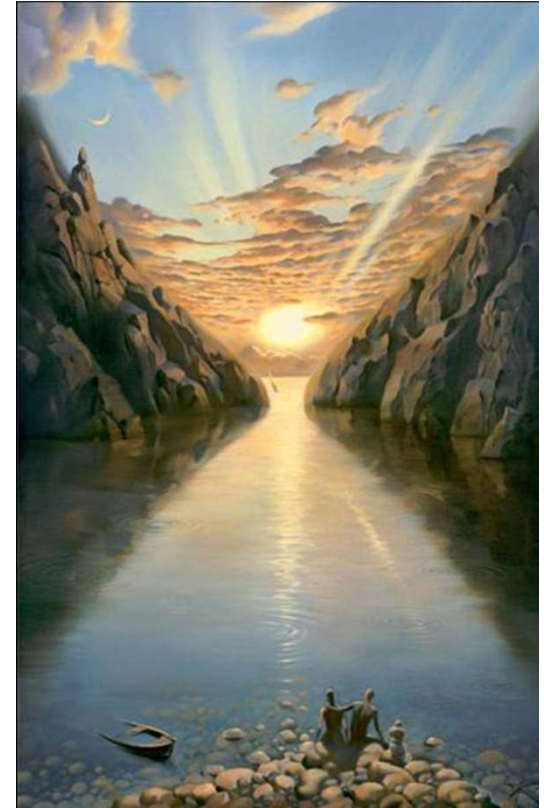
- A simples existência do solo é um processo que conduz à formação de mais solo (retroalimentação positiva), acelerando a alteração das rochas.
- O solo retém a água de chuva e hospeda uma grande diversidade biológica (vegetais, bactérias, fungos, líquens, ácaros, vermes, insetos, formigas, colêmbolos, etc.)
- A água pode ser bastante influenciada pela ação da biosfera:
 - Liberação de CO_2 pela matéria orgânica morta no solo, o que diminui o pH das águas de infiltração. Nos entornos das raízes das plantas o pH oscila na faixa entre 2 e 4.
 - Superfícies rochosas colonizadas por líquens são atacadas muito mais rapidamente - pelos ácidos liberados do metabolismo destas plantas - que superfícies rochosas nuas.





TEMPO

- Em condições de intemperismo pouco agressivo, é necessário um tempo mais longo de exposição às intempéries para haver o desenvolvimento de um perfil de alteração.
- Estima-se valores entre **20 a 50m por Ma** para a velocidade de aprofundamento do perfil de alteração (o extremo superior correspondendo aos climas mais agressivos); sob tal ótica, **o solo pode ser considerado um recurso natural não renovável.**



O tempo necessário para intemperizar uma determinada rocha depende dos outros fatores que controlam o intemperismo, principalmente o **material** constituinte e o **clima**.

TEMPO X CLIMA NO INTEMPERISMO

- **Climas frios** (Escandinávia): manto de alteração de poucos **milímetros** em rochas graníticas descobertas pelo gelo há cerca de **10 mil anos atrás**.
- **Clima tropical** (Índia): cinzas vulcânicas de **4.000 anos** de idade apresentam um perfil de solo de **~ 2 metros** de espessura.
- **Climas muito úmidos** (Havaí): o intemperismo em lavas basálticas **recentes** permitiu a formação de solo suficiente para cultivo em apenas **um ano!**

B: TIPOS DE INTEMPERISMO

- FÍSICO
- QUÍMICO
- BIOGÊNICO

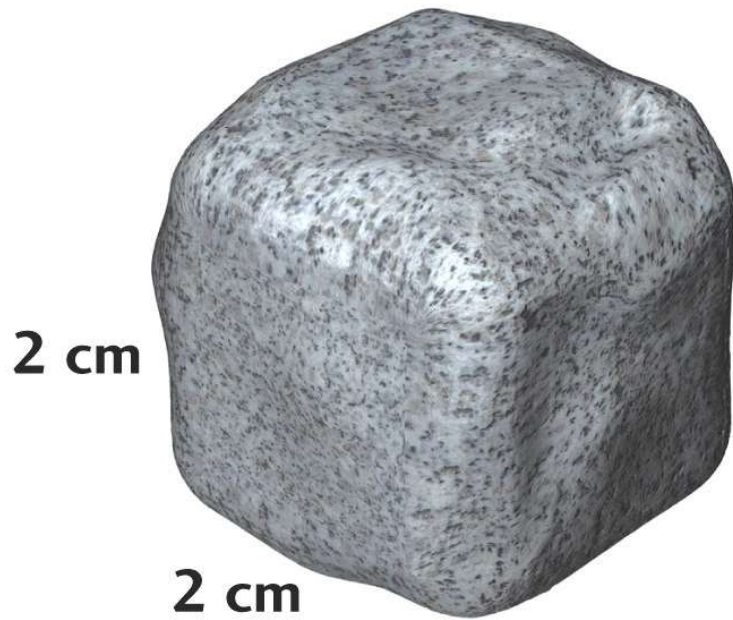
INTEMPERISMO FÍSICO OU MECÂNICO

Desagregação da rocha sem que haja necessariamente uma alteração química maior dos minerais constituintes.

Os principais **agentes** do intemperismo físico são: **gelo, variação da temperatura** (com expansão e contração nos materiais rochosos), **vento**, crescimento de **raízes**, **alívio de pressão** – abertura de fraturas paralelas à superfície de exposição das rochas que antes ocupavam níveis crustais mais profundos (esfoliação esferoidal ou “casca de cebola”)

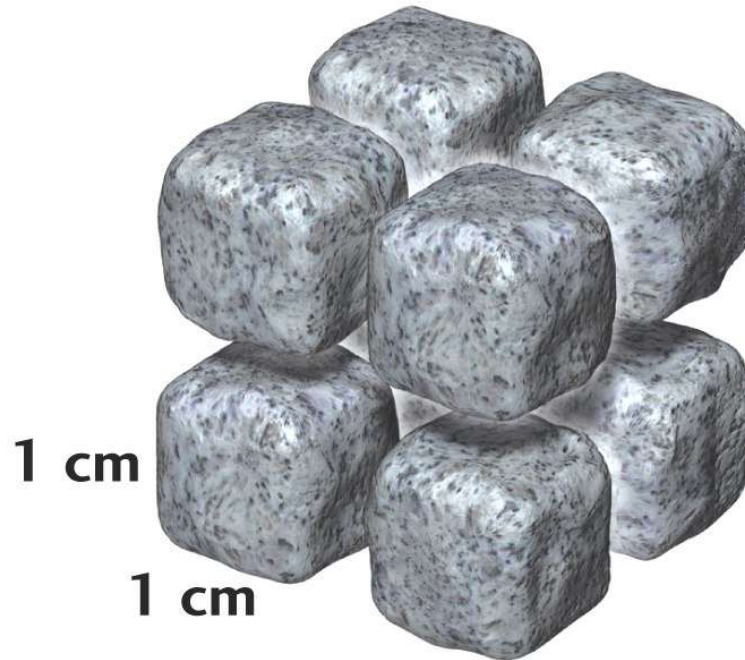
Consequências do intemperismo físico:

- **Redução** da granulometria dos minerais
- Contínuo **aumento da superfície** específica
- Sem modificação na composição química



$$2 \text{ cm} \times 2 \text{ cm} = 4 \text{ cm}^2$$
$$4 \text{ cm}^2 \times 6 \text{ sides} = 24 \text{ cm}^2$$

(surface area)



$$1 \text{ cm} \times 1 \text{ cm} = 1 \text{ cm}^2$$
$$1 \text{ cm}^2 \times 6 \text{ sides} = 6 \text{ cm}^2$$
$$6 \text{ cm}^2 \times 8 \text{ cubes} = 48 \text{ cm}^2$$

(surface area)

Fragmentando as rochas e, portanto, aumentando a superfície exposta ao ar e à água, o intemperismo físico abre o caminho e facilita o intemperismo químico (**aumento de superfície específica**)

Intemperismo físico

variações de temperatura

dilatações e contrações nas rochas que se fraturam

Fonte: Decifrando a Terra / TEIXEIRA, TOLEDO, FAIRCHILD e TAIOLI

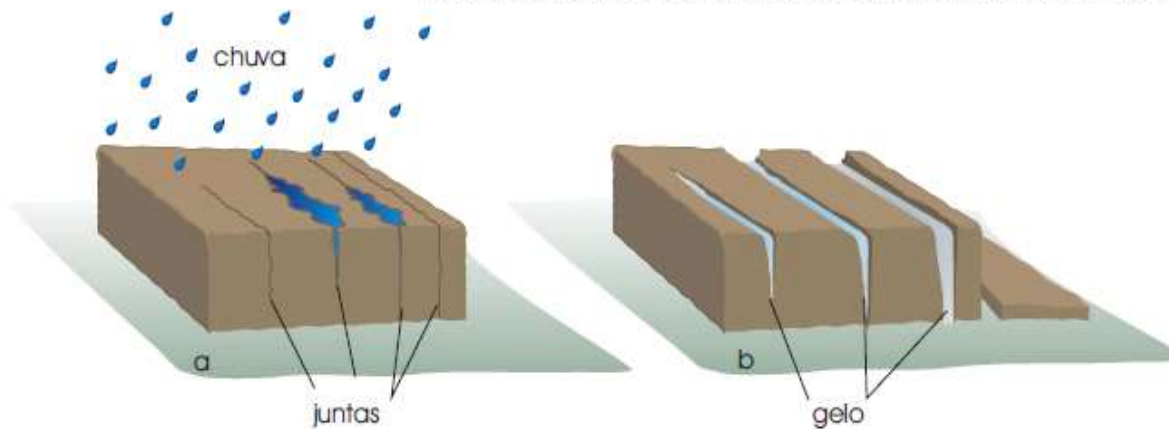


Fig. 8.2 Fragmentação por ação do gelo. A água líquida ocupa as fissuras da rocha (a), que posteriormente congelada, expande e exerce pressão nas paredes (b).

Congelamento de água nas fissuras e poros de rochas

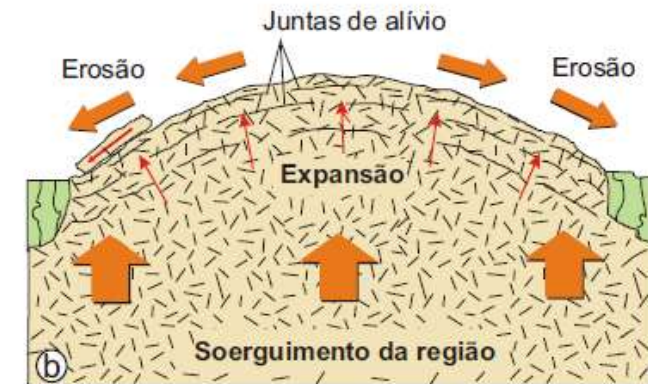
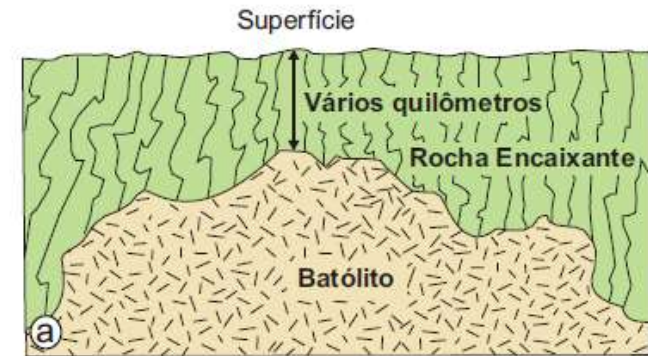


Fig. 8.4 Formação das juntas de alívio em consequência da expansão do corpo rochoso sujeito a alívio de pressão pela erosão do material sobreposto. Estas descontinuidades servem de caminhos para a percolação das águas que promovem a alteração química. a) antes da erosão; b) depois da erosão.



Ação do **gelo e degelo**, levando à fragmentação as rochas

esfacelamento em blocos de rocha pelo aumento de volume da água ao formar o gelo;

≅ cristalização de sais com aumento de volume em fissuras de rochas e de minerais



Variações de T em desertos de 25 a 30°C em até 1 hora



Zonas Naturais de Fraqueza: **juntas e fraturas tectônicas** – caminho livre ao intemperismo mecânico (e químico também)



Fragmentação por esfoliação esferoidal: **alívio de pressão**



Ação de raízes de plantas

INTEMPERISMO QUÍMICO

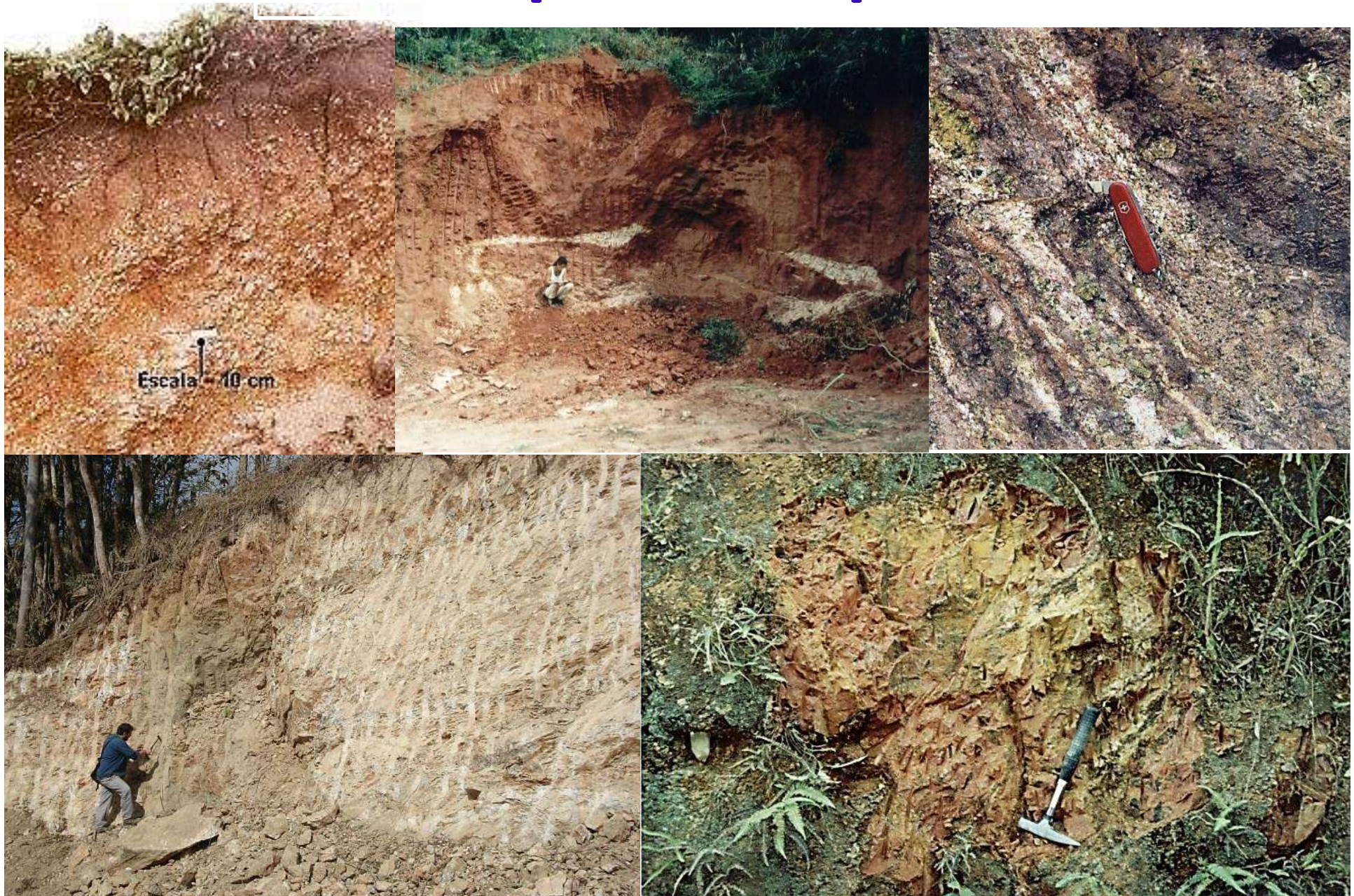
- O **ambiente da superfície** da Terra (baixas pressão e temperatura, abundância de água e O_2) é muito diferente daquele onde a maioria das **rochas se formaram**.
- Por este motivo, quando as rochas afloram à superfície da Terra, seus minerais entram em **desequilíbrio** e, através de uma série de reações químicas com a água e componentes da atmosfera, transformam-se em outros minerais mais estáveis nesse novo ambiente.
- PRINCIPAL AGENTE \Rightarrow **ÁGUA DE CHUVA**,
sempre ligeiramente ácida em função de interações com o CO_2 atmosférico

Intemperismo químico

1. **Decomposição química** das rochas superficiais por agentes atmosféricos (água) e biológicos (organismos vivos).
2. Leva à **dissociação** de certos elementos devido às reações químicas que provocam mudanças na composição química de alguns minerais, transformando-os em minerais secundários.
 - dissolução;
 - oxidação;
 - hidrólise
 - hidratação;
 - carbonatação (reações envolvendo CO_2);
 - interação químico-biológica (bactérias, algas e musgos que segregam CO_2 , nitratos e ácidos orgânicos)
3. Formação de **solo**

*“Os agentes **atacam os minerais** da rocha em sua **superfície** exposta e em suas fraturas e os decompõem dando origem a **novos minerais, estáveis** às condições da **superfície** terrestre, e a **solutos** que **migram** pelas fraturas da rocha ou nas águas superficiais em **direção ao mar.**”*

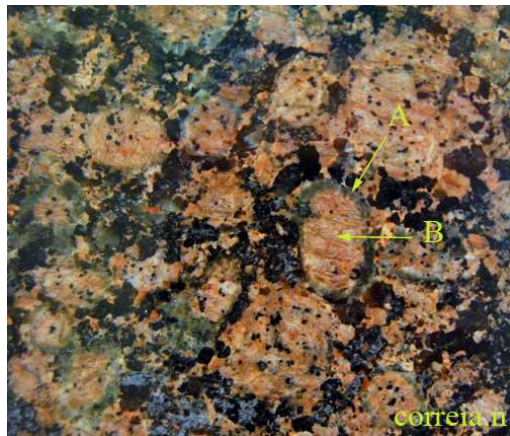
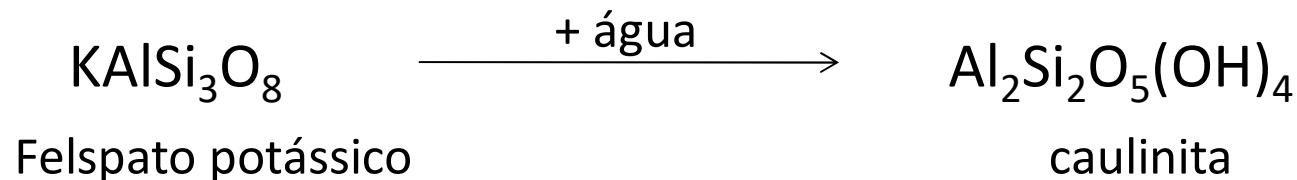
Intemperismo químico



Hidrólise:

O exemplo da degradação do **feldspato** (KAlSi_3O_8)

- É um mineral que se mantém inalterado apenas em algumas regiões de clima seco ou polares
- Altera-se para uma argilo-mineral branco (caulinita) através de um processo denominado **hidrólise**, em que parte dos elementos químicos do feldspato são lixiviados pela água de chuva, e água é incorporada ao retículo da caulinita (hidratação)



O exemplo da degradação do **feldspato** (KAlSi_3O_8)

O papel do CO_2 no intemperismo



- Acidificação da chuva
- Intensificação do processo pelo SO_x e NO_x da poluição industrial

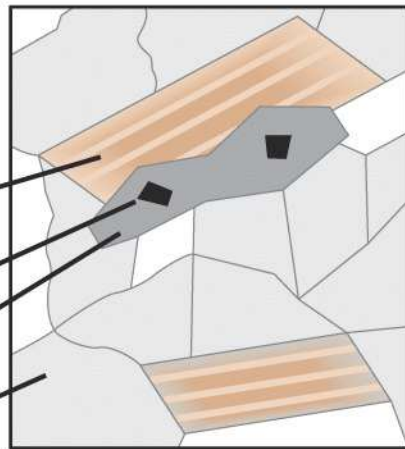




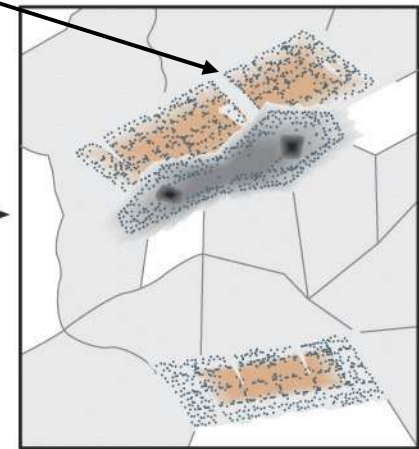
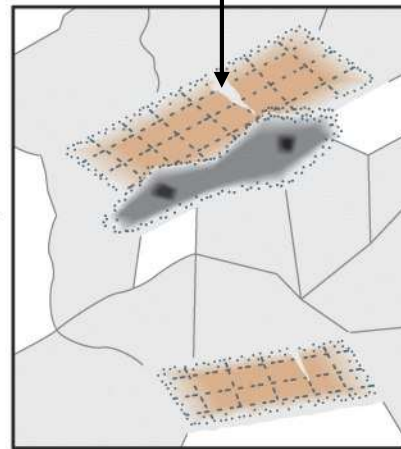
Granito

**Composto por
vários minerais
que se
decompõem em
diferentes taxas**

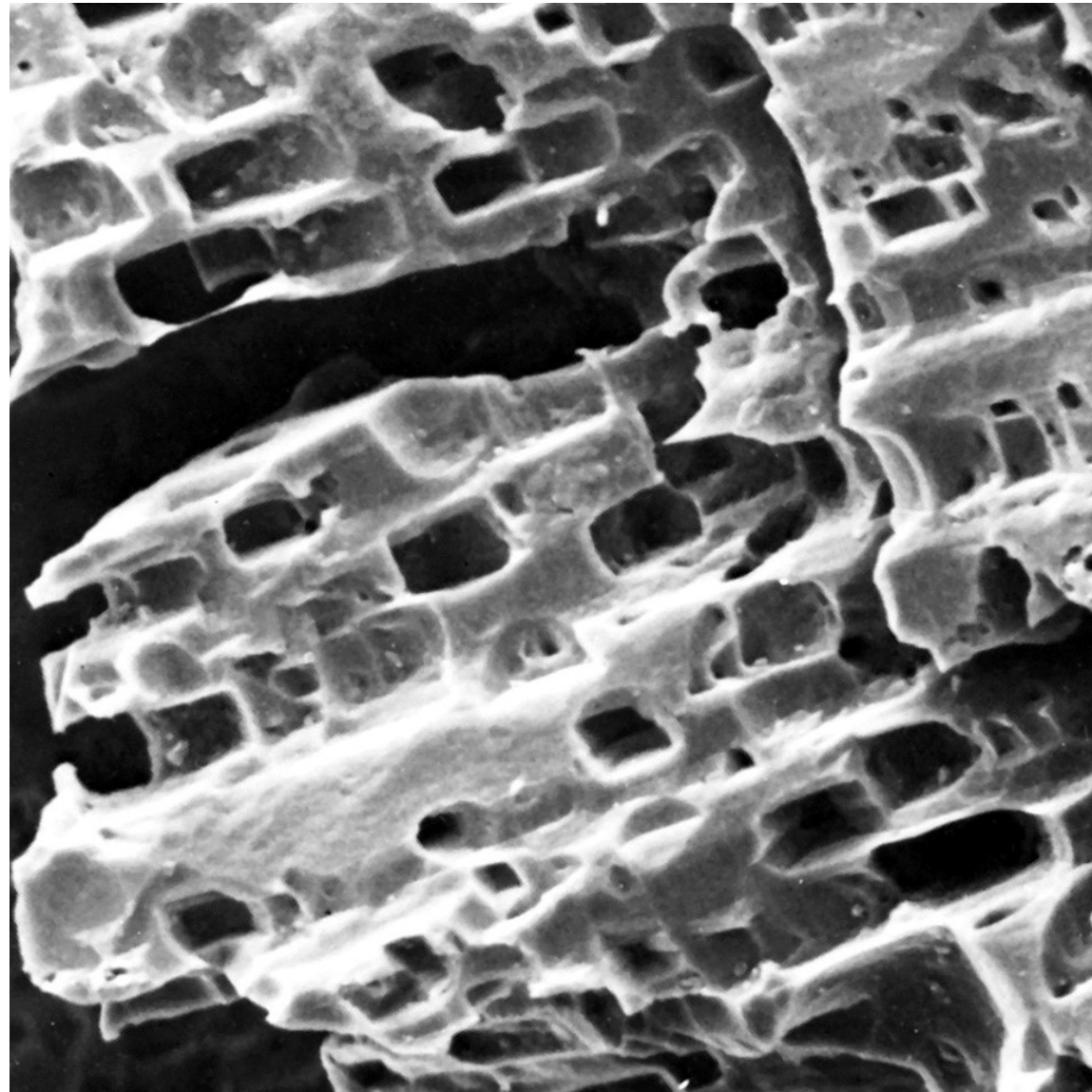
Feldspar
Magnetite
Biotite
Quartz



fissuras



Fotomicrografia MEV: feldspato corroído pela ação química



Outras reações do Intemperismo Químico



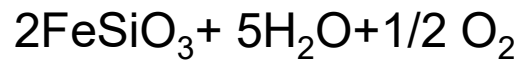
bio, anf, px e ol

Oxidação:

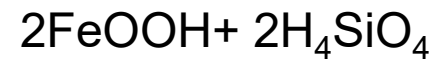
Processo inicial e mais comum $Fe^{++} \rightarrow Fe^{+++}$

Evidência: coloração amarelada e avermelhada

Ambientes oxidantes. Ex: Px, anf, bio, ol \rightarrow goethita



Coberturas intempéricas



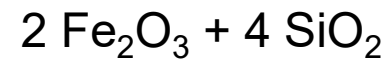
goethita



Formações superficiais: **óxi-hidróxidos de Fe, Al e Caulinita**



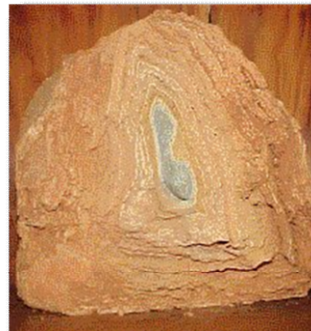
Fe piroxênio



Hematita



bauxitas





Outras reações do Intemperismo Químico

Redução:

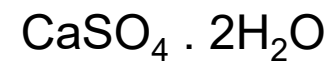
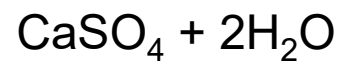
Processo inverso à oxidação. Fe^{2+} mantém-se na forma estável. Ambientes redutores.

Outras reações do Intemperismo Químico

Hidratação:

Molécula de água entra na estrutura do mineral

Exemplo: transformação da anidrita em gipso



Outras reações do Intemperismo Químico

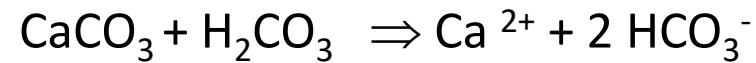
Dissolução:

Solubilização completa

Exemplo: calcita e halita

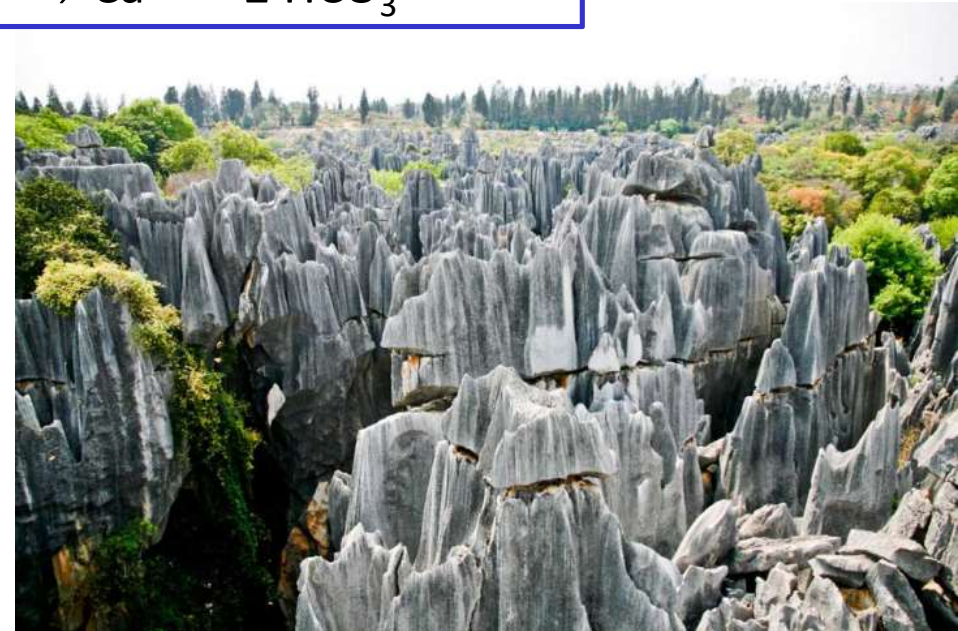


Ambientes cársticos



SBQ

<http://qnint.sbq.org.br>



Acidólise:

Complexação de Fe e Al (em solução). Ambientes frios, com pouca decomposição de MO. Solos com minerais primários insolúveis.

Estabilidade relativa dos minerais comuns sob condições intempéricas

Estabilidade dos minerais

Taxas de intemperismo

Mais estável



Menos estável

- óxidos de Fe (hematita)
- hidróxidos de Al (gibbsita)
- quartzo
- argilominerais
- mica muscovita
- K feldspato (ortoclásio)
- mica biotita
- Na feldspato (albita)
- anfibólios
- piroxênios
- Ca feldspato (anortita)
- olivina
- calcita
- halita

Mais lenta



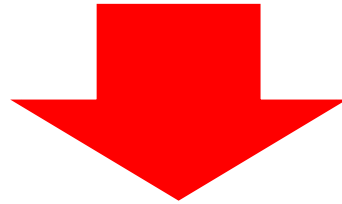
Mais rápida

INTEMPERISMO BIOGÊNICO

No intemperismo **biogênico** é importante a ação dos seres vivos como ouriços, cracas e mexilhões no mar, raízes de plantas e outros seres que promovem ou auxiliam no processo de intemperismo, podendo-se dizer que, em **última análise**, estes processos são, na realidade, **químicos e/ou físicos**: ex.: ácidos húmicos (químico); crescimento e expansão de raízes de plantas, de líquens, nas fraturas de rochas (físico).



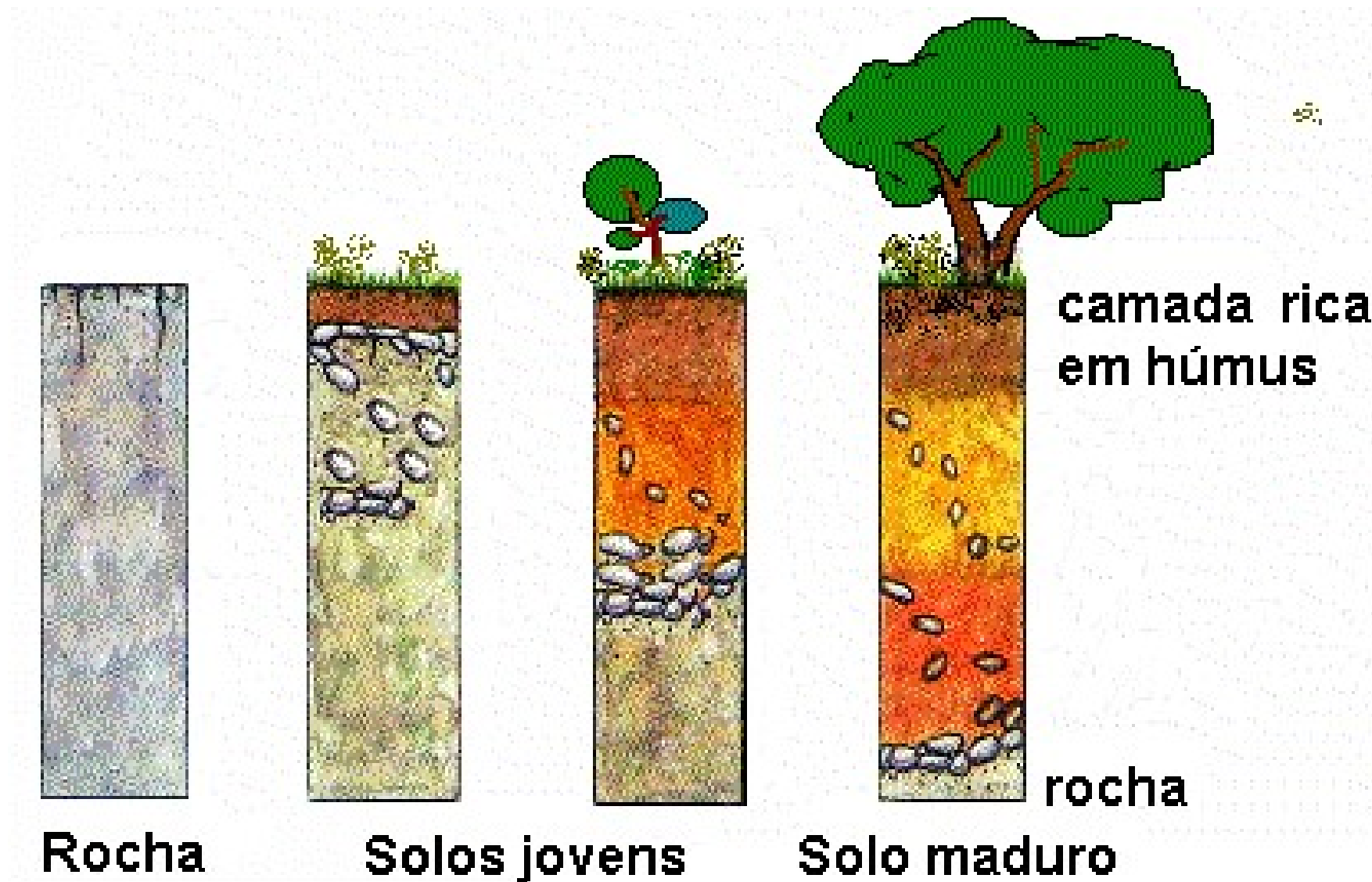
C: FORMAÇÃO DO SOLO



SOLOS: PRODUTOS DO INTEMPERISMO

Quando não imediatamente erodidos e transportados pelos agentes da dinâmica externa (vento, gelo, águas) para as bacias sedimentares (zonas deprimidas nos continentes, rios, lagos, mares ou oceanos), os produtos friáveis resultados da desagregação e decomposição das rochas pela ação do intemperismo geram solos através de processos ditos pedogenéticos (Pedologia é o ramo das Ciências da Terra que estuda a formação dos solos).

Formação dos Solos



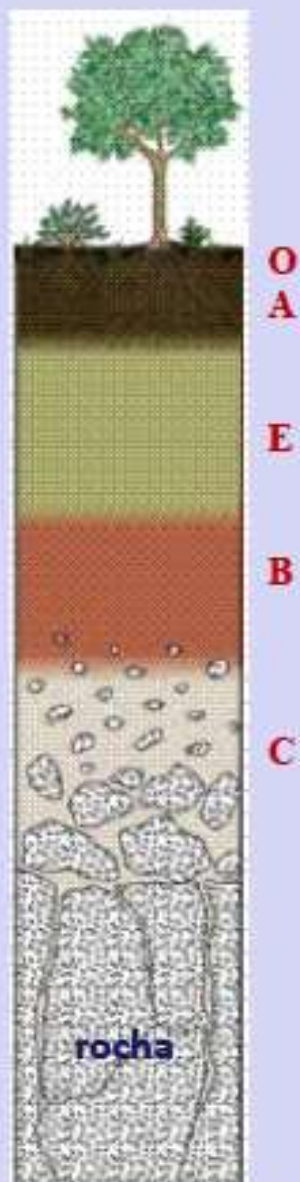
SOLO

Seu conceito varia em função da sua utilização:

- Para o agrônomo e agricultor: é o meio necessário para o desenvolvimento das plantas;
- Para o engenheiro: trata-se de material que serve para a base ou fundação de obras civis;
- Para o geólogo: é visto como o produto da alteração das rochas na superfície;
- Para o arqueólogo: é o material fundamental para as suas pesquisas, por servir de registro de civilizações pretéritas;
- Etc.

Perfil de solo

DESCRIÇÃO DOS HORIZONTES



Horizonte O – horizonte orgânico e delgado que recobre certos solos minerais. Constituído pelas folhas e galhos que caem da vegetação e pelos seus produtos em decomposição Ausente em áreas de prática da agricultura devido ao seu revolvimento. Serapilheira, palhada, liteira etc.

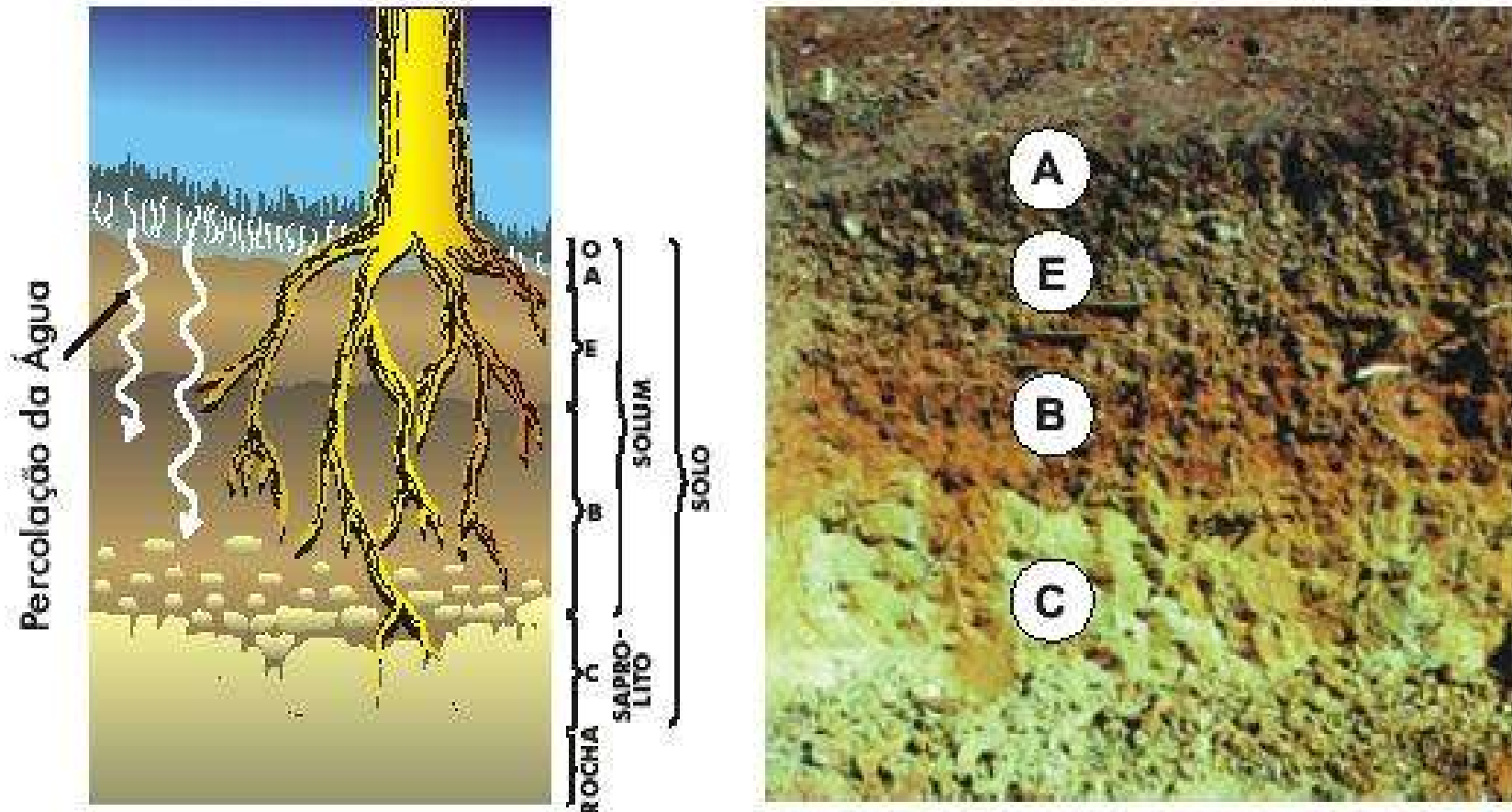
Horizonte A – camada mineral, mais próxima da superfície. Acúmulo de matéria orgânica parcial ou totalmente humificada e/ou perda de materiais sólidos translocados para o horizonte B.

Horizonte E – presente em alguns solos. É mais claro, onde ocorrem perdas máximas de materiais (argila e/ou óxidos de Fe, Al, mo) para o Hz B.

Horizonte B – apresenta o máximo desenvolvimento de cor, estrutura e/ou acumulação de materiais translocados dos Hz A e/ou E, pela infiltração da água no solo.

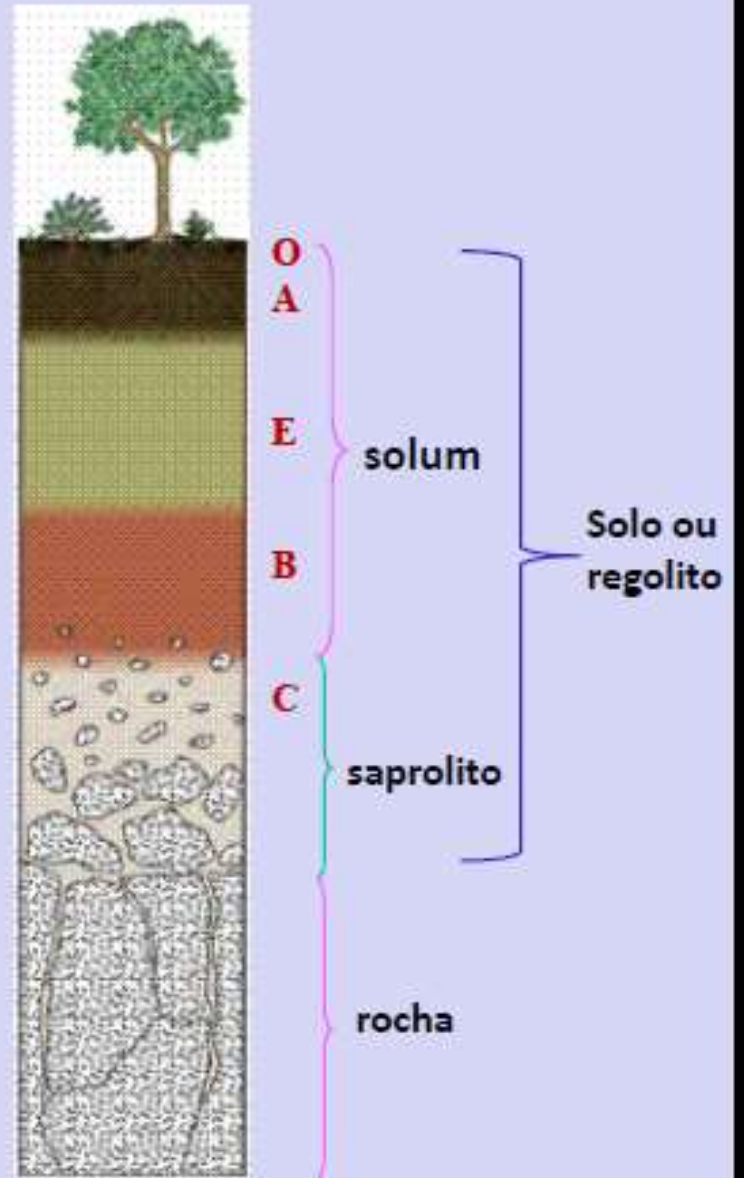
Horizonte C – rocha pouco alterada (saprólito) pelos processos de formação de solo. Possui as características mais próximas ao material que originou o solo.

Estruturação vertical de um perfil de solo



Perfil de alteração ou perfil de solo típico, constituído, da base para o topo, pela rocha inalterada, saprolito e solum. O solum compreende os horizontes afetados pela pedogênese (O, A, E e B). O solo compreende o saprolito (C) e o solum.

Perfil de solo maduro





A **pedogênese** ocorre quando as modificações químicas e mineralógicas causadas nas rochas tornam-se sobretudo **estruturais**, com importante **reorganização e transferência** dos minerais formadores do solo – principalmente argilominerais e oxi-hidróxidos de ferro e alumínio – entre os níveis superiores do manto de alteração.

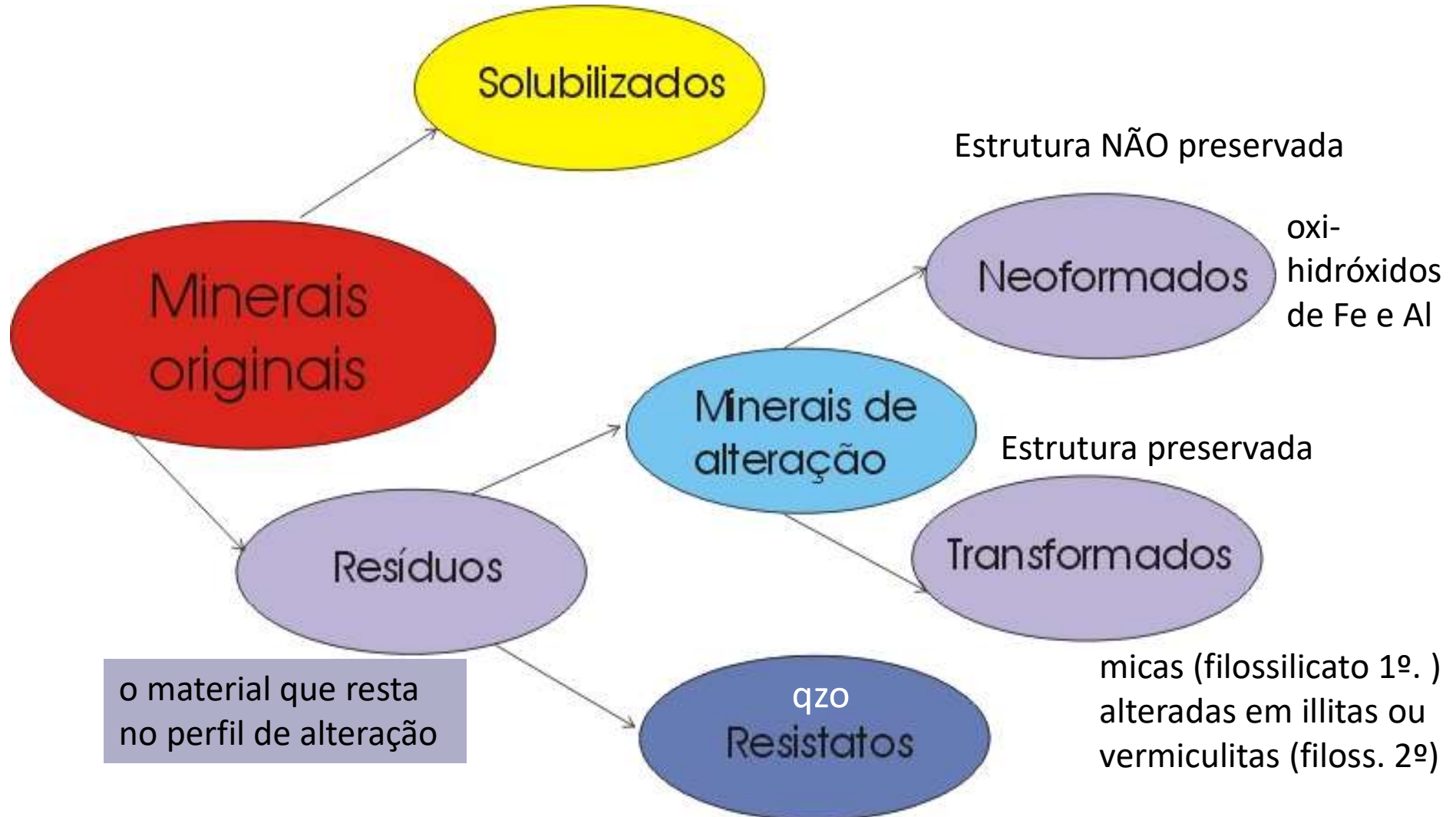
Fauna e flora do solo desempenham aí um papel fundamental por **modificar e movimentar** enormes quantidades de material, mantendo o solo aerado e renovado em sua porção mais superficial.

Classificação dos solos brasileiros segundo a EMBRAPA

Solo	Características
Neossolo	Solo pouco evoluído, com ausência de horizonte B. Predominam as características herdadas do material original.
Vertissolo	Solo com desenvolvimento restrito; apresenta expansão e contração pela presença de argilas 2:1 expansivas.
Cambissolo	Solo pouco desenvolvido, com horizonte B incipiente.
Chernossolo	Solo com desenvolvimento médio; atuação de processos de bissialitização, podendo ou não apresentar acumulação de carbonato de cálcio.
Luvissolo	Solo com horizonte B de acumulação (B textural), formado por argila de atividade alta (bissialitização); horizonte superior lixiviado.
Alissolo	Solo com horizonte B textural, com alto conteúdo de alumínio extraível; solo ácido.
Argissolo	Solo bem evoluído, argiloso, apresentando mobilização de argila da parte mais superficial.
Nitossolo	Solo bem evoluído (argila caulinitica – oxi-hidróxidos), fortemente estruturado (estrutura em blocos), apresentando superfícies brilhantes (cerosidade).
Latossolo	Solo altamente evoluído, laterizado, rico em argilominerais 1:1 e oxi-hidróxidos de ferro e alumínio.
Espodossolo	Solo evidenciando a atuação do processo de podzolização; forte eluviação de compostos aluminosos, com ou sem ferro; presença de humus ácido.
Planossolo	Solo com forte perda de argila na parte superficial e concentração intensa de argila no horizonte subsuperficial.
Plintossolo	Solo com expressiva plintitização (segregação e concentração localizada de ferro).
Gleissolo	Solo hidromórfico (saturado em água), rico em matéria orgânica, apresentando intensa redução dos compostos de ferro.
Organossolo	Solo essencialmente orgânico; material original constitui o próprio solo.

*Assim ocorrem transformações físicas e químicas nos minerais ⇒
adaptação às condições de temperatura e pressão da superfície*

Reações do Intemperismo



Solos Férteis do Brasil

- ✓ **Massapé** – decomposição do gnaíse e do calcário – argiloso, castanho escuro, ocorre na Zona da Mata –NE – utilizado no plantio de cana, cacau e fumo principalmente
- ✓ **Terra Roxa** – decomposição do basalto e do diabásio – argiloso, vermelho escuro, ocorre no Centro sul do país – Utilizado no plantio de café, cana, algodão e laranja principalmente
- ✓ **Solo de várzea** (Aluvial) – arenoso, rico em húmus, ocorre junto às várzeas dos rios – Utilizado para o cultivo de arroz, cebola, juta
- ✓ **Salmourão** – decomposição do granito em áreas úmidas – argiloso, certa fertilidade, ocorre no Planalto Atlântico e Centro sul

ESTÁGIOS SEDIMENTARES

Erosão, transporte e deposição de sedimentos clásticos

AGENTES ?

AGENTES

Água



AGENTES

Vento



AGENTES



Gelo



feição topográfica de depressão funda,
com a forma de anfiteatro junto ao topo

ESTÁGIOS SEDIMENTARES

Erosão, transporte e deposição de sedimentos clásticos

AGENTES: vento, gelo ou água

Erosão ⇒ mobiliza partículas produzidas pelo intemperismo

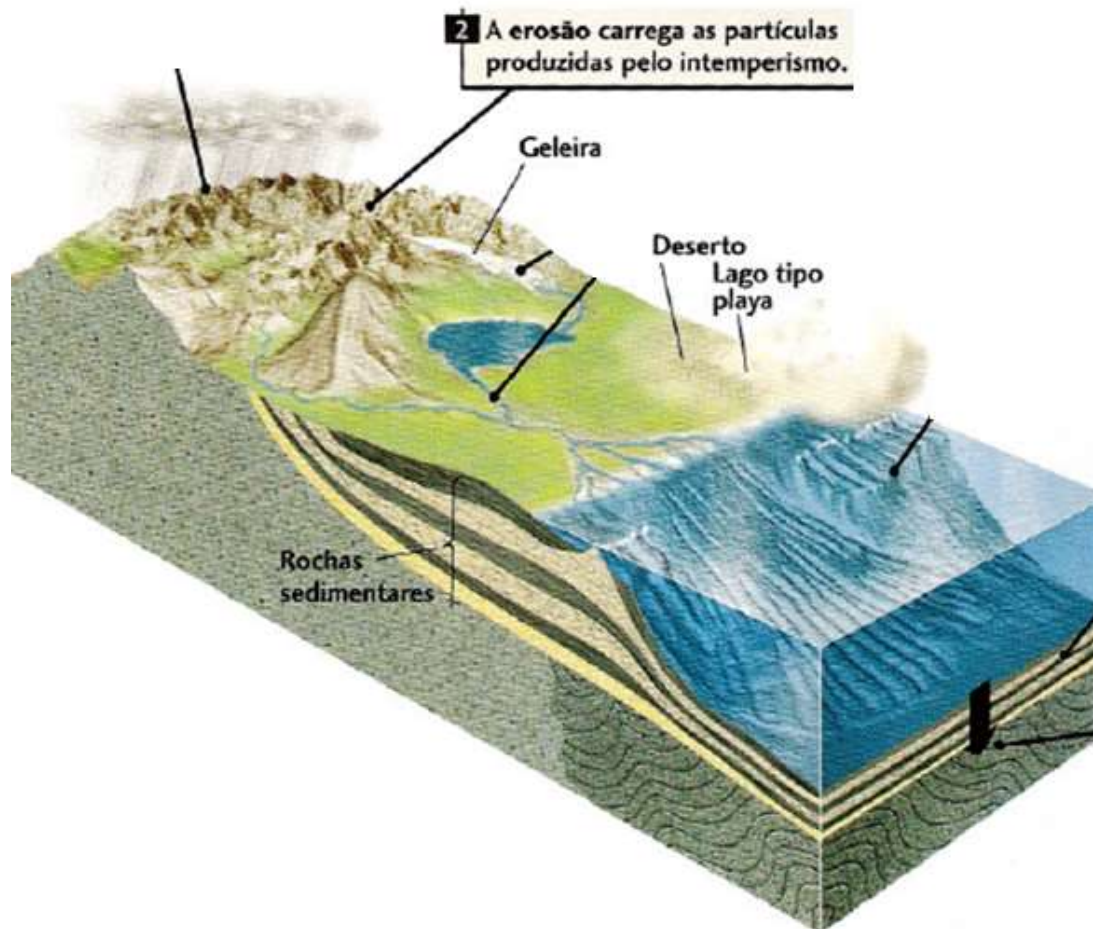
Transporte ⇒ Correntes de água e vento ou o deslocamento das geleiras transportam partículas para jusante ou “morro abaixo”;

Deposição ou sedimentação ⇒ quando a corrente aquosa se desacelera ou quando os bordos das geleiras se fundem.

“A deposição começa quando o transporte termina”, envolvendo critérios baseados no tamanho e densidade dos grãos transportados

Erosão

Erosão é a destruição do solo e das rochas e seu transporte, em geral feito pela água da chuva, pelo vento ou, ainda, pela ação do gelo, quando este atua expandindo o material no qual se infiltra a água congelada. A erosão transporta as partículas para as partes mais baixas dos relevos.



Erosão por gravidade
Erosão pluvial
Erosão eólica
Erosão marinha
Erosão glacial
Erosão fluvial



Erosão marinha



Erosão fluvial



Erosão eólica



Erosão glacial



Erosão por gravidade
Erosão pluvial



Erosão por gravidade
Erosão marinha



Erosão por gravidade
Erosão pluvial



Erosão fluvial

ESTÁGIOS SEDIMENTARES

Erosão, transporte e deposição de sedimentos clásticos

AGENTES: vento, gelo ou água

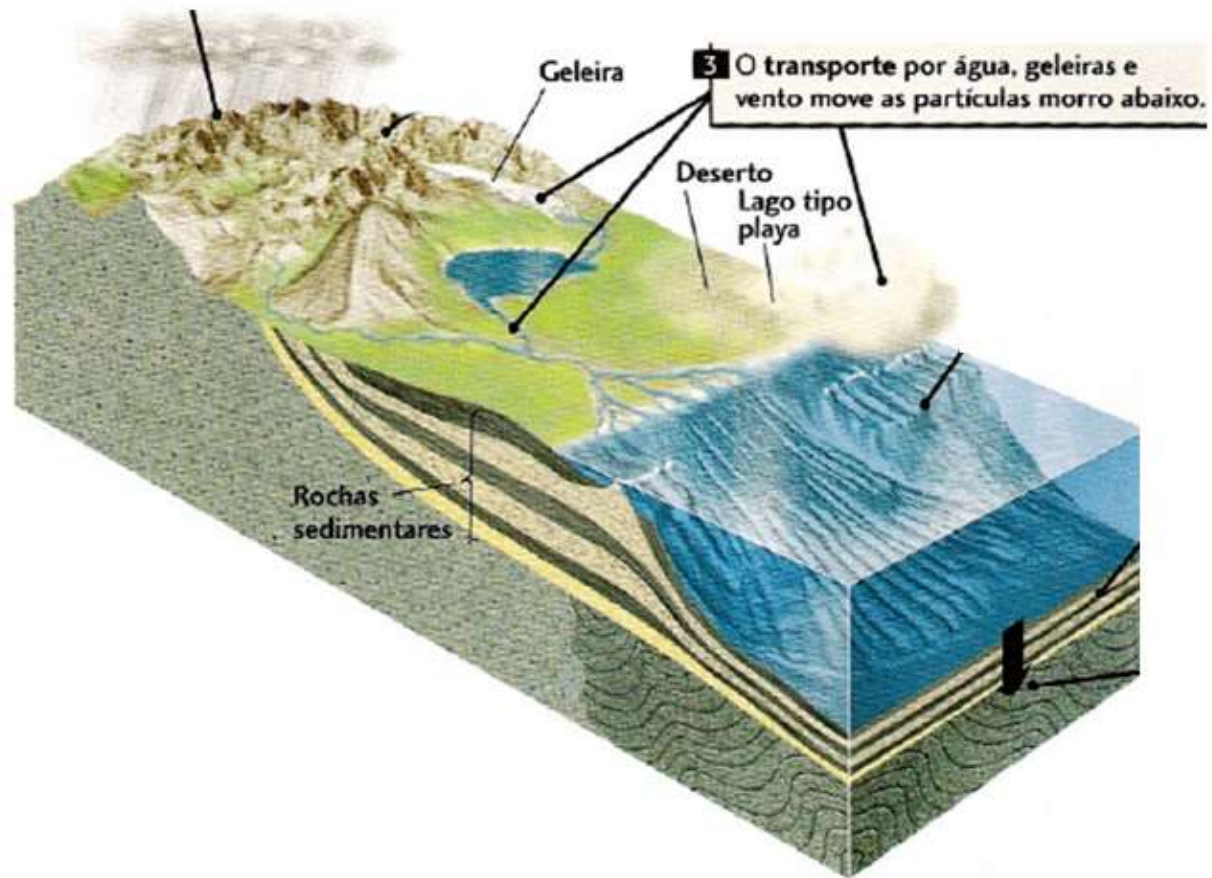
Erosão ⇒ mobiliza partículas produzidas pelo intemperismo

Transporte ⇒ Correntes de água e vento ou o deslocamento das geleiras transportam partículas para jusante ou “morro abaixo”;

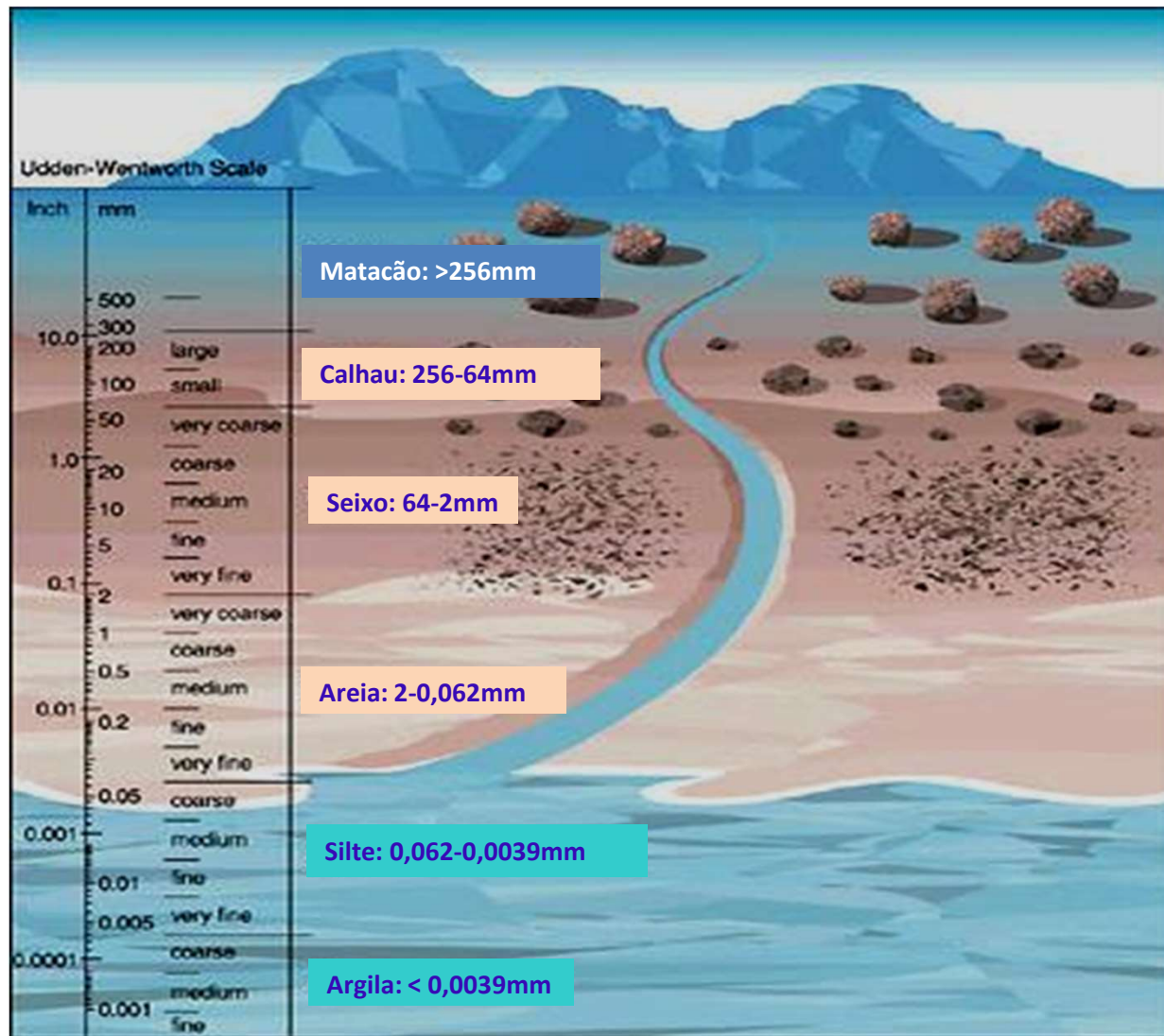
Deposição de sedimentos ocorre quando o agente de erosão para quando a corrente aquosa se desacelera ou quando os bordos das geleiras se fundem.

“A deposição começa quando o transporte termina”, envolvendo critérios baseados no tamanho e densidade dos grãos transportados

Transporte

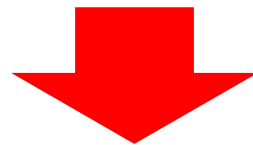


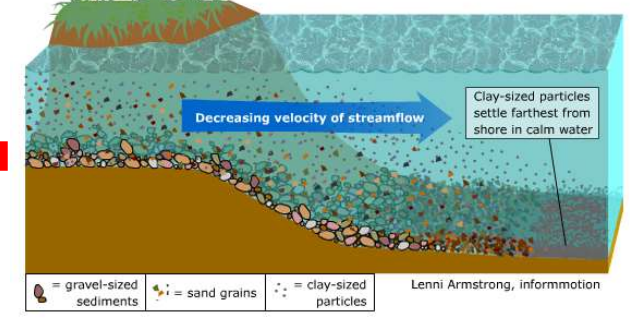
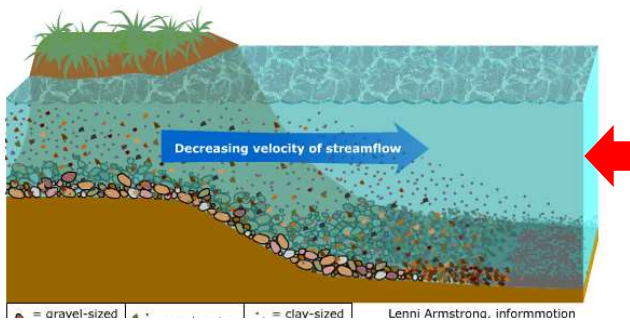
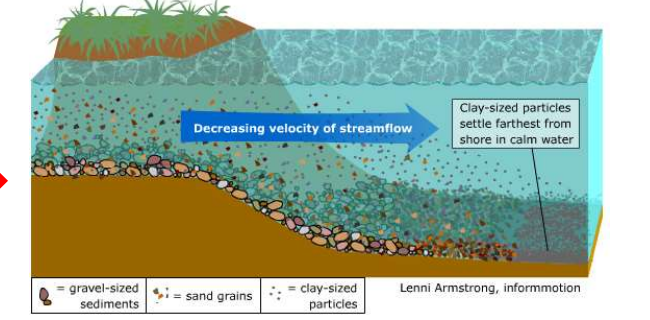
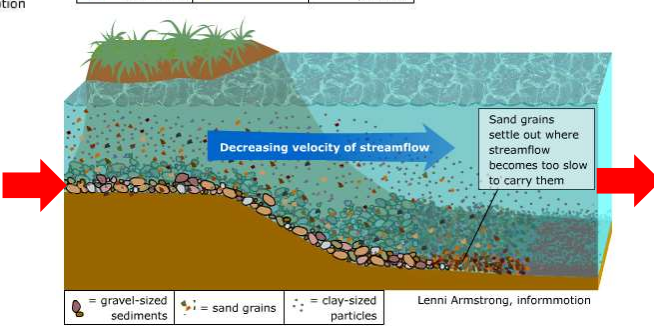
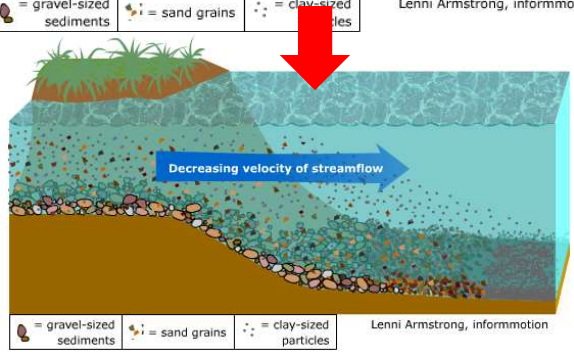
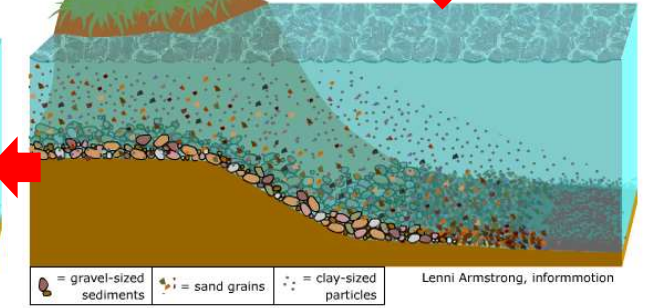
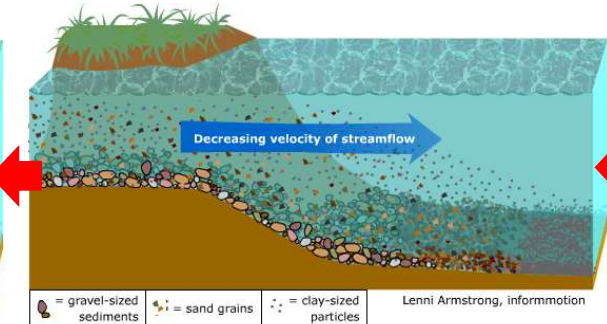
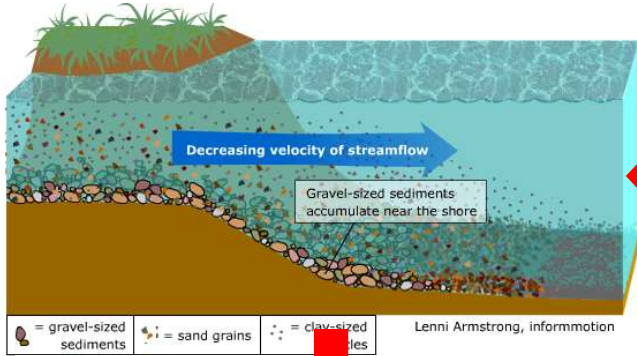
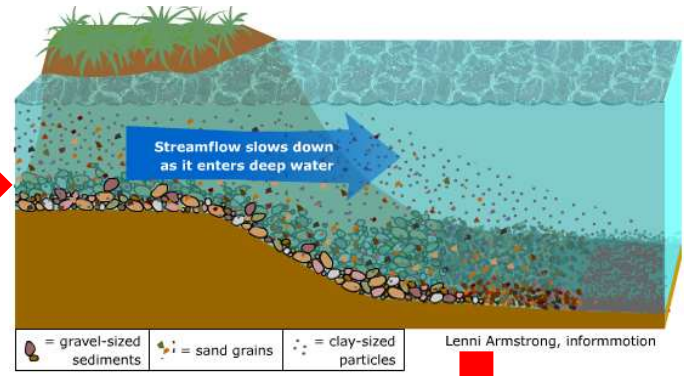
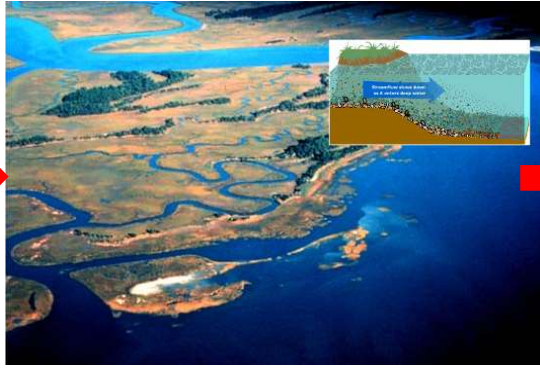
Distância do transporte



O transporte reduz o tamanho e a angularidade das partículas clásticas. Os grãos tornam-se arredondados e um pouco menores à medida que são transportados.

- Visão lateral de uma área onde um rio flui em um lago
- Enquanto a água corrente entra no lago, sua velocidade diminui.
- A habilidade da água de transportar sedimentos também diminui.
- Os sedimentos levados pelo fluxo são depositados onde a água mais lenta já não os pode movê-los.
- Os sedimentos maiores são depositados perto da costa.
- Sedimentos **creescentemente menores** ficam **mais distantes** da costa onde a água está mais tranquila.





ESTÁGIOS SEDIMENTARES

Erosão, transporte e deposição de sedimentos clásticos

AGENTES: vento, gelo ou água

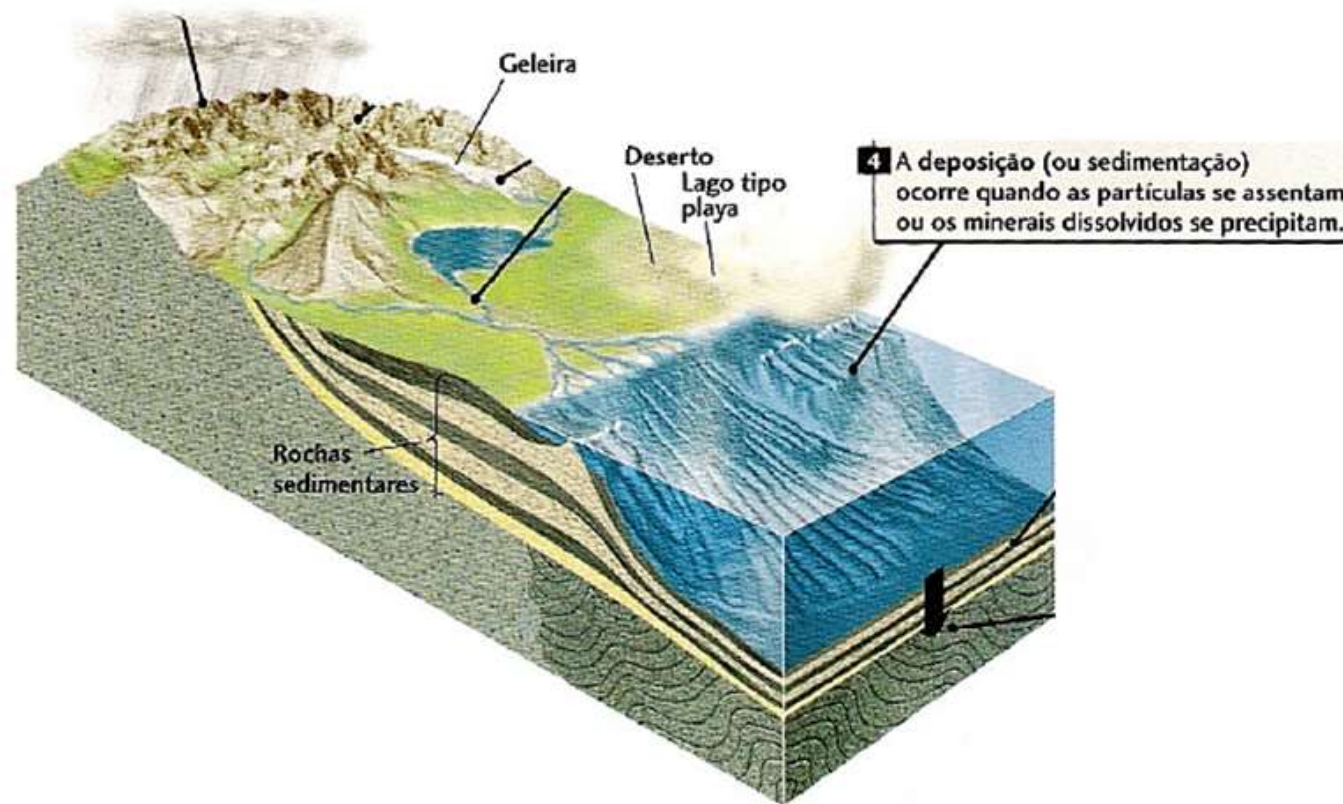
Erosão ⇒ mobiliza partículas produzidas pelo intemperismo

Transporte ⇒ Correntes de água e vento ou o deslocamento das geleiras transportam partículas para jusante ou “morro abaixo”;

Deposição ou sedimentação ⇒ quando o vento se aquieta ou quando a corrente aquosa se desacelera ou quando os bordos das geleiras se fundem.

“A deposição começa quando o transporte termina”, envolvendo critérios baseados no tamanho e densidade dos grãos transportados

Deposição ou sedimentação



AMBIENTES DE SEDIMENTAÇÃO

Lugar geográfico caracterizado por uma combinação particular de processos geológicos e *condições ambientais*.

Lugar geográfico

Ambientes **continentais** (aluvial, desértico, lacustre, glacial)

Ambientes **costeiros** (deltaicos, planícies de maré, praias)

Ambientes **marinhos** (plataforma continental, recifes orgânicos, e abissais)

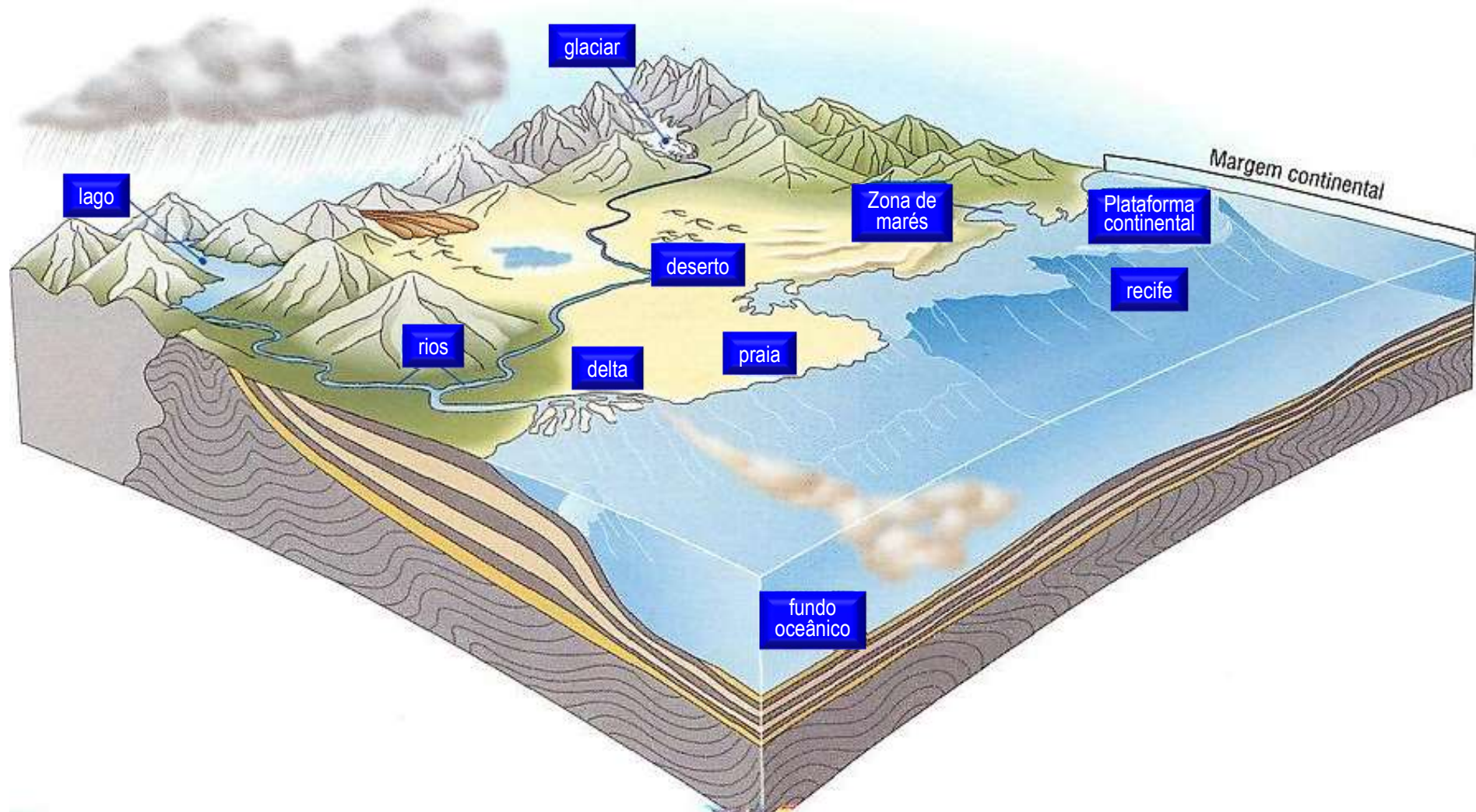
Condições ambientais

Tipo e quantidade de água (oceano, lago, rio, deserto)

Tipo de relevo (terras baixas, montanha, planície costeira, oceano raso e oceano profundo)

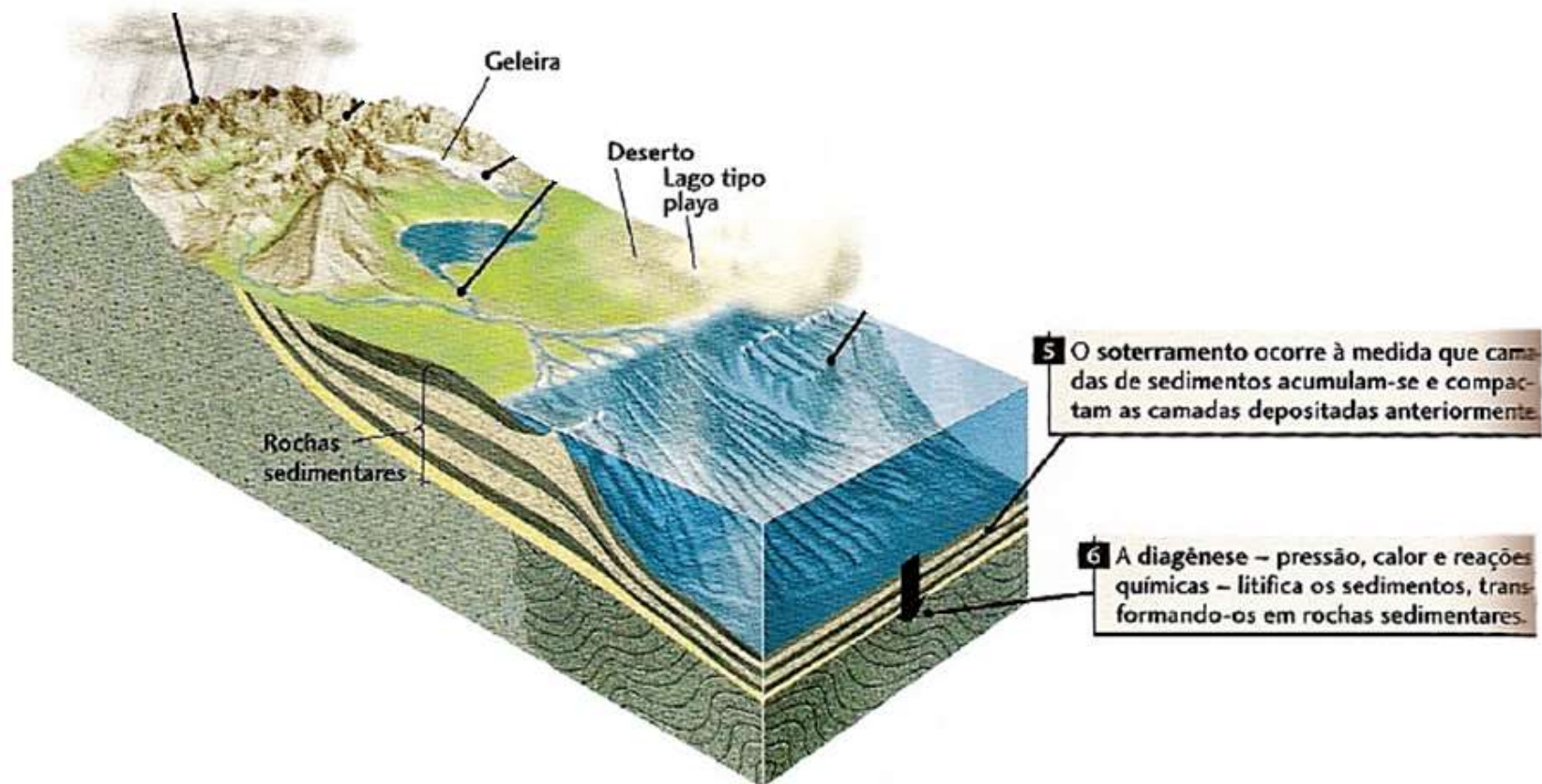
Atividade biológica

AMBIENTES DE SEDIMENTAÇÃO

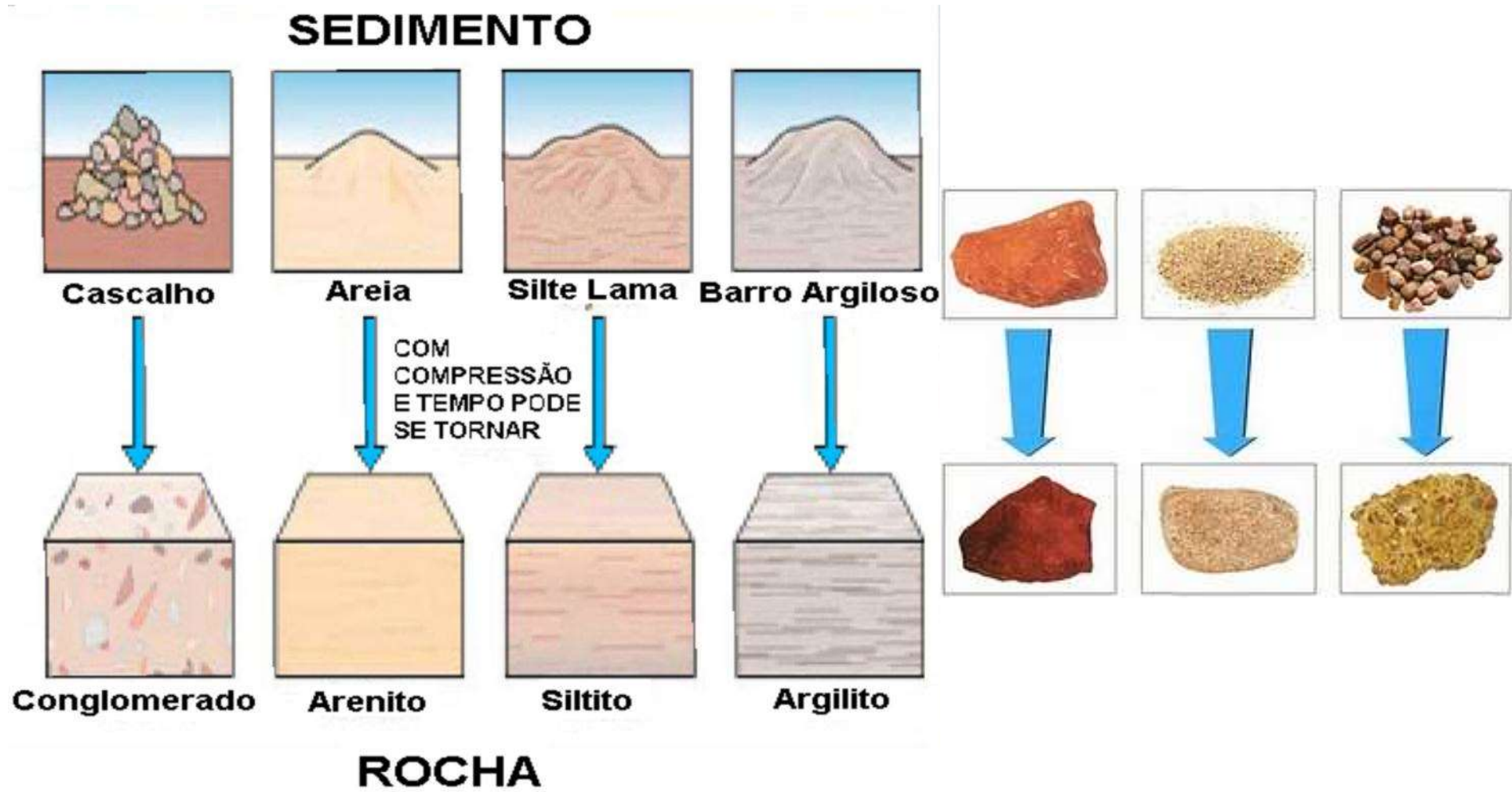


 	<p>Terrestre</p>	<p>Desértico Glacial Espélico (caverna)</p>	    
<p>Continental</p>	<p>Aquoso</p>	<p>Fluvial Paludal (pântano) Lacustre</p>	 
<p>Transicional</p>		<p>Deltaico Estuarino Lagunar Litorâneo</p>	
<p>Marinho</p>		<p>Recifal Nerítico Batial Abissal</p>	  

Soterramento e Diagênese



Do sedimento à rocha



SOTERRAMENTO

- À medida que as camadas de sedimentos se acumulam, o material anteriormente depositado é compactado e, então, soterrado na crosta terrestre

DIAGÊNESE

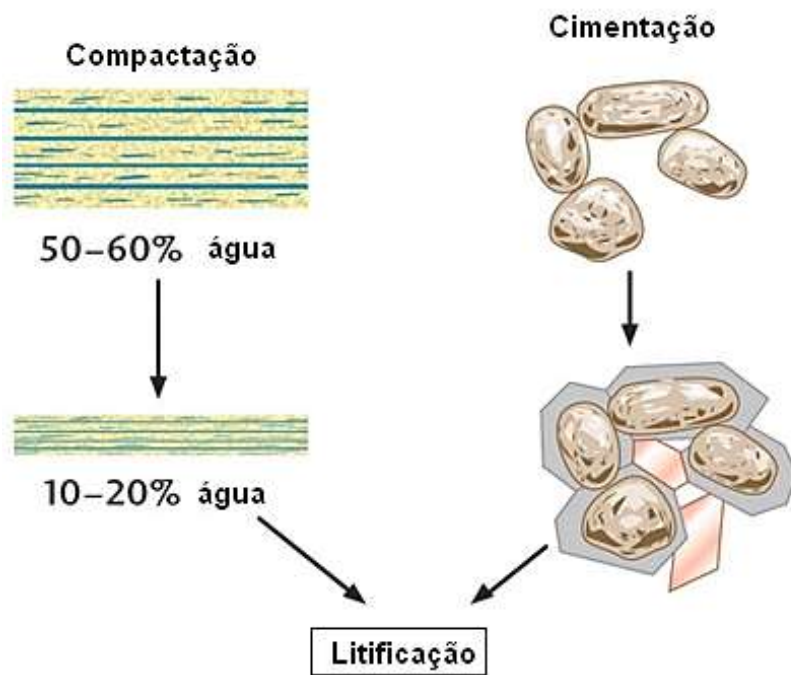
Conjunto de mudanças físicas e químicas que ocorre depois do soterramento dos sedimentos (pressão, calor e reações químicas).

Nela ocorre a **transformação** dos sedimentos **inconsolidados** em agregados coerentes (**rocha**) devido à:

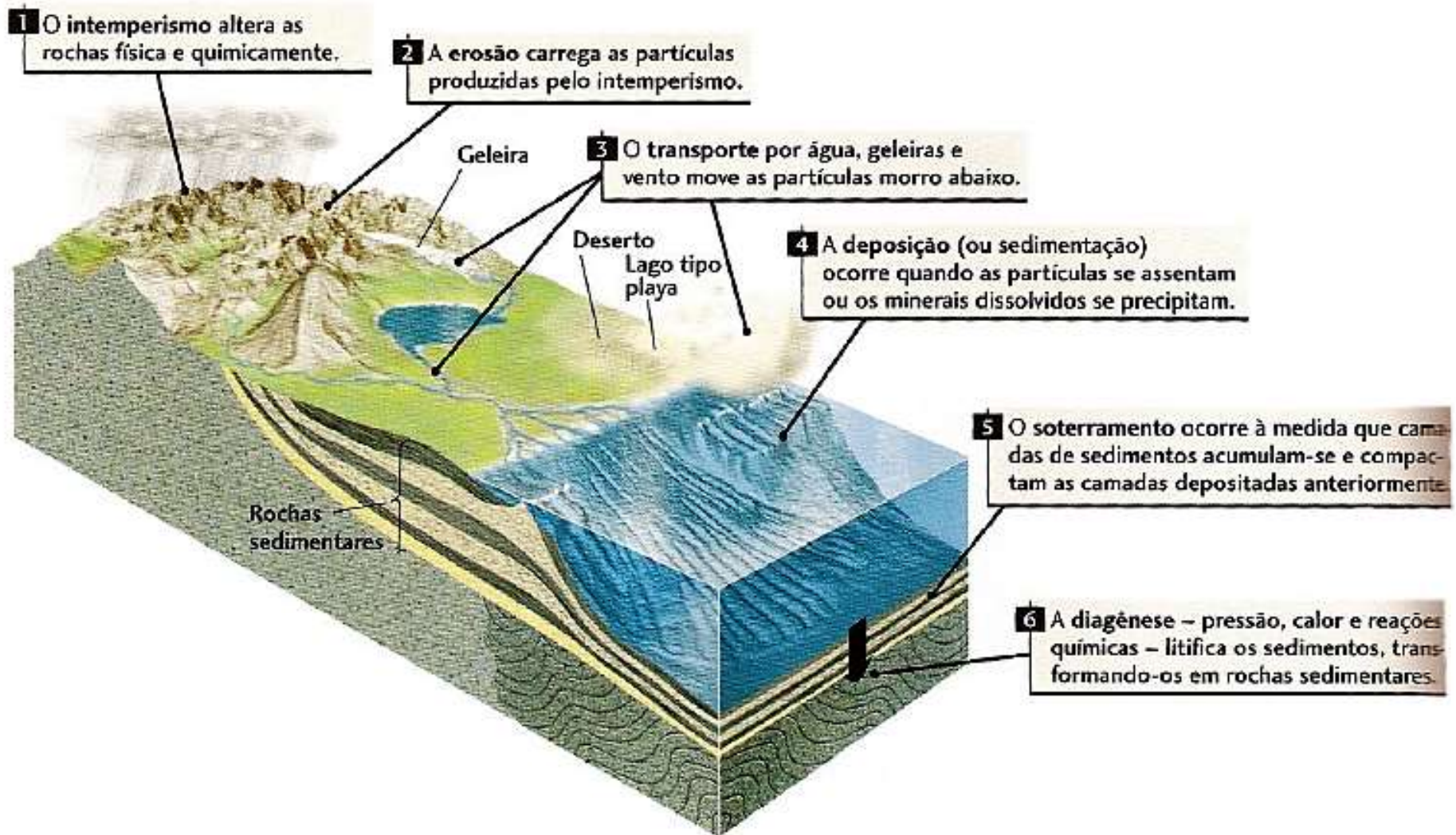
- **Compactação** pelo peso da sobrecarga, ocasionando diminuição da porosidade, e
- **Cimentação** dos grãos minerais presentes nos sedimentos, devido à precipitação de soluções percolantes no meio, geralmente de origem carbonática e silicática.

Estes fenômenos levam à **Litificação**, termo utilizado para significar o endurecimento de sedimentos moles em rocha.

LITIFICAÇÃO

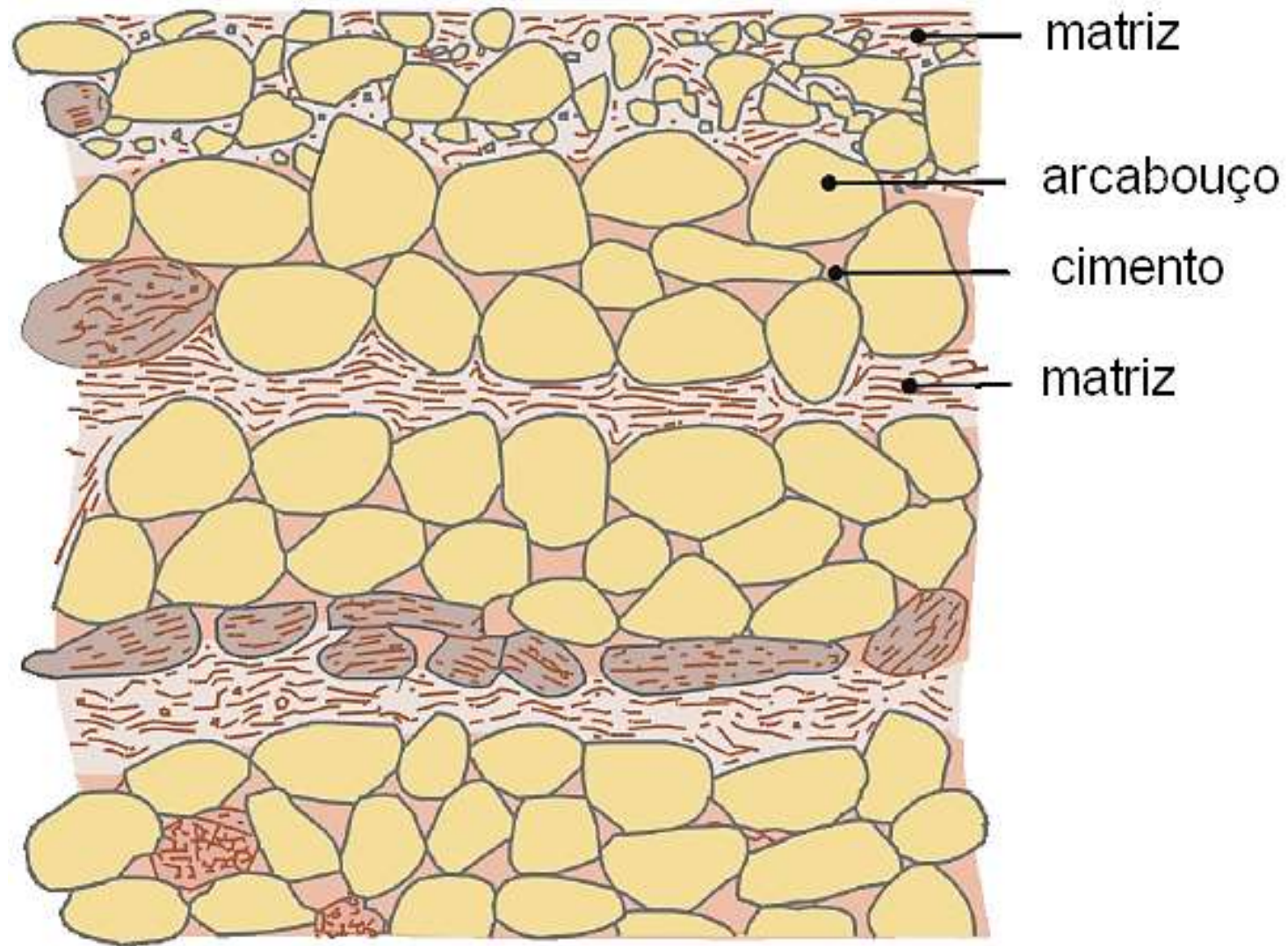


ESTÁGIOS SEDIMENTARES



3. Componentes e Estruturas sedimentares

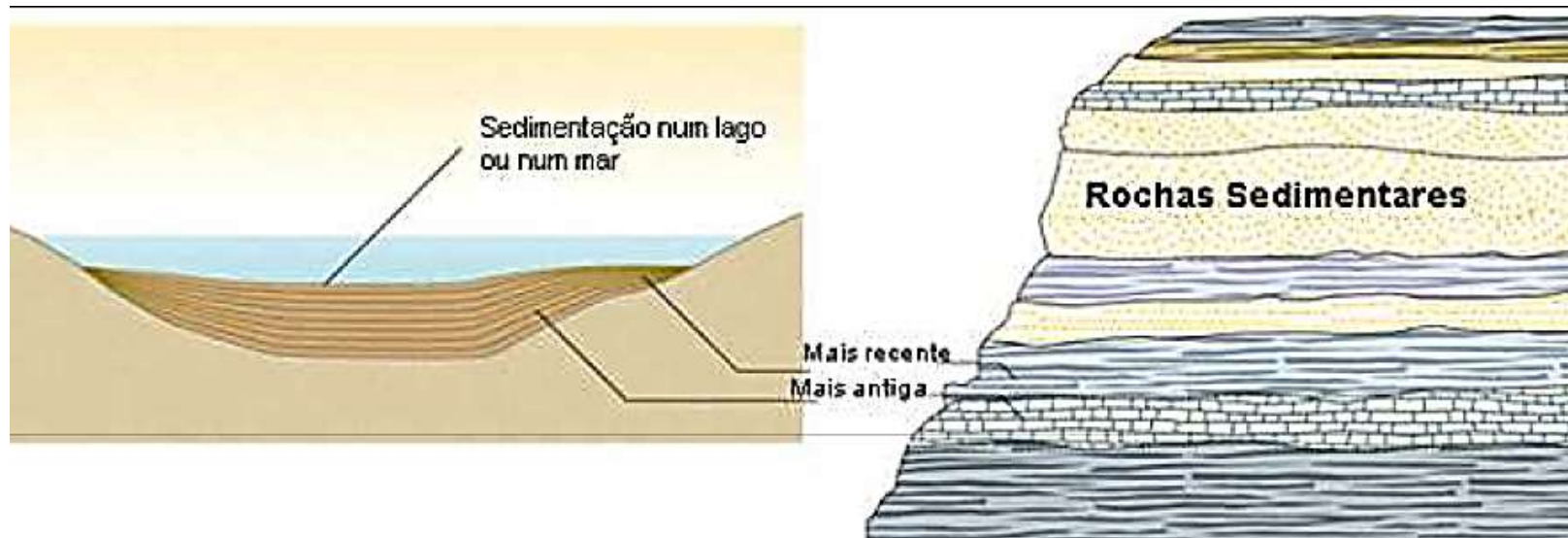
Componentes principais em rochas sedimentares



Estruturas Sedimentares singenéticas e penecontemporâneas

- ✓ **Singenética:** Feições macroscópicas que se formam **durante a deposição de sedimentos** Ex: Estratificação, marcas onduladas
- ✓ **Penecontemporâneos:** processos, estruturas, texturas ou materiais desenvolvido ou formado **logo após a deposição sedimentar ou momento de constituição como rocha, ou seja antes ou durante a sua transformação em rochas.** Ex: deformações por escorregamentos de camadas sedimentares em talude continental; formação de olistostromas; estruturas convolutas; afundamentos de camadas psamíticas em níveis argilosos; bioperturbações dos estratos recém depositados, etc
- ✓ **Epigenético:** processo, fenômeno, estrutura, textura ou material desenvolvido ou formado **após a constituição da rocha.**

Estratificação

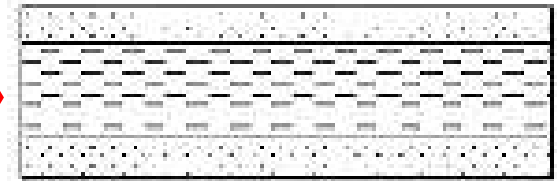


- ✓ Originada pelo **acúmulo progressivo** de qualquer material (partículas clásticas ou precipitação química);
- ✓ formação de **estratos** ou **camadas** definidas por descontinuidades físicas e/ou por passagens bruscas ou transicionais de mudanças de textura, estrutura ou composição química.
 - **Camadas- com mais de 1 cm → acamamento**
 - **Lâminas- com menos de 1 cm → laminação**

Estratificações

- **Estratificação plano paralela**

vários ambientes de sedimentação, canais fluviais a praias e frentes deltáicas. Comumente encontra-se em leitos arenosos



Estratificação Plano-Paralela

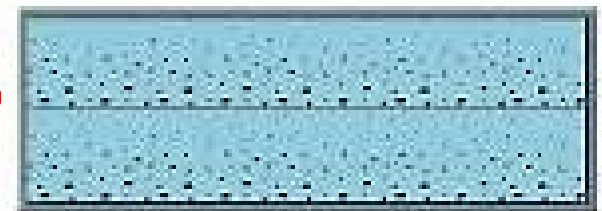
- **Estratificação cruzada**

(ambiente fluvial, litorâneo, marinho e eólico)



Estratificação cruzada

- **Estratificação gradacional**



Estrutura Gradacional

Estratificação plano-paralela

Estrutura originada pela acumulação progressiva de partículas clásticas.



Foto – Maurício R. Franchi

Estratificação plano-paralela



Fig. 14.22 Extração de ritmito (nome comercial: ardósia) em Itaú, município de Rio do Sul (SC).

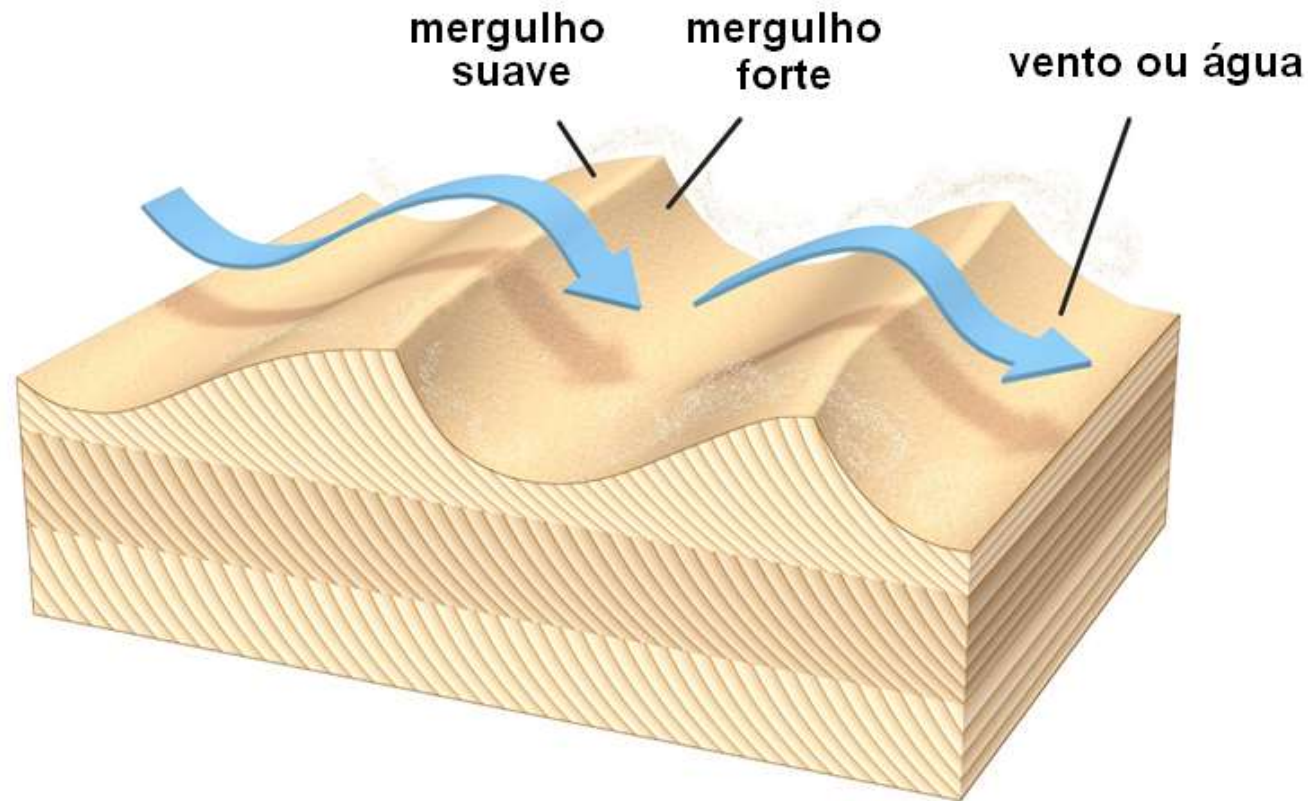


Estratificação plano-paralela



Estratificação cruzada

ondulações assimétricas
(dunas e/ou barras arenosas fluviais)



Estratificação cruzada forma quando os grãos depositam sobre o lado + íngreme/inclinado no sentido da corrente, de uma duna ou marca ondulada.

Estratificação cruzada



Estratificação cruzada: lâminas ou camadas que se cruzam e truncam em ângulos depositadas dentro de um processo contínuo de sedimentação. **A inclinação das camadas, segue a direção do agente de deposição**, que pode ser a água ou o vento.

Exercício 1:

O que ocorreu em relação à direção da corrente na figura abaixo?

Estratificação cruzada



***Hummocky*: Estratificação cruzada por ondas**

Estratificação cruzada originada pela oscilação das ondas.

Estratificação cruzada **diagnóstica dos processos ligados às tempestades**, que ocorre em uma camada com granodecrescência e espessamento ascendentes, em cuja base podem estar concentrados fósseis.



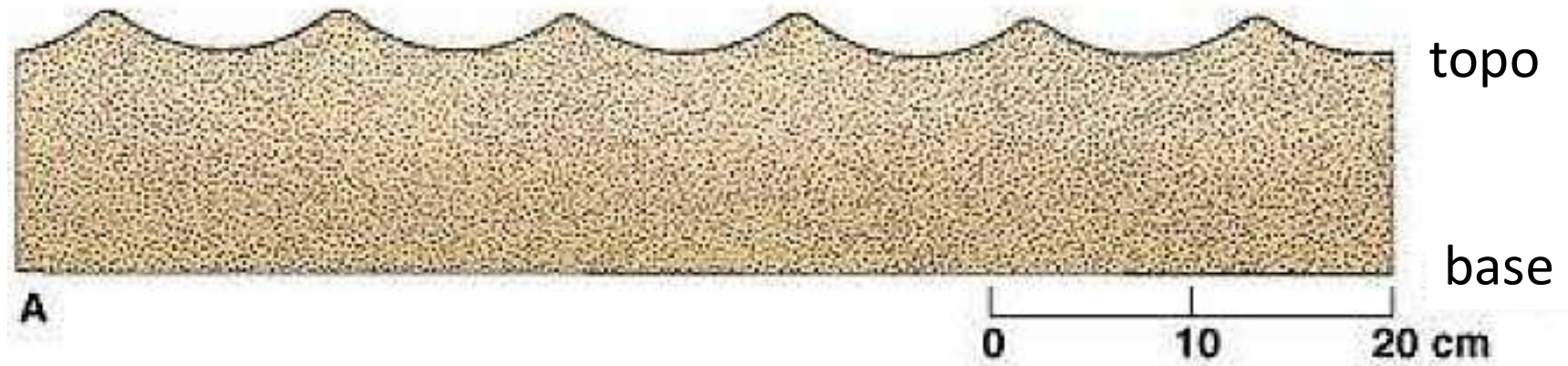
A laminação interna manifesta-se por ondulações truncantes, normalmente com **mergulhos suaves**.

Existem tendências das ondulações aumentarem o espaçamento entre as cristas, no sentido ascendente, ao mesmo tempo que diminuem sua altura.

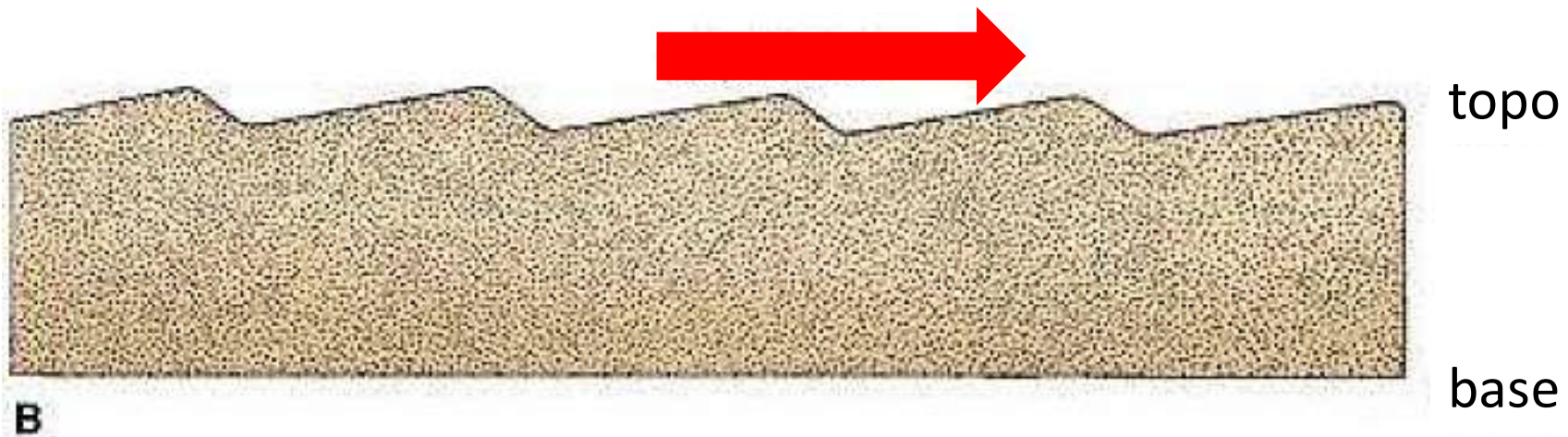
O espaçamento entre as cristas de ondulações deve ser superior a 1m, sendo que abaixo deste valor pode ser utilizado o termo *microhummocky*.

Marcas onduladas

Simétricas: não se identifica a direção da corrente

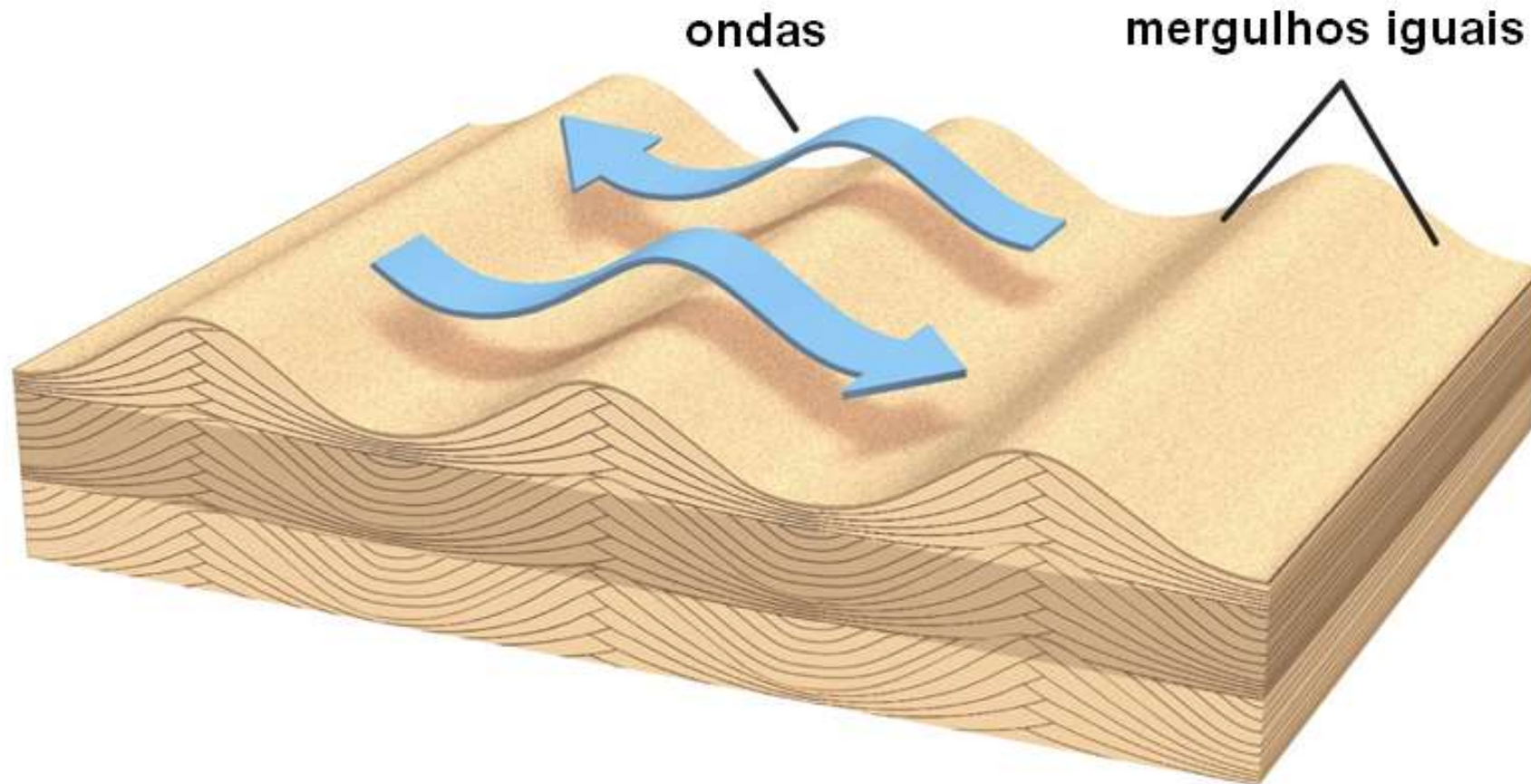


Assimétricas: possível identificar a direção da corrente



Marcas onduladas

Ondulações simétricas
(praias)



As formas de ondulações na areia de uma praia produzidas pelo vaivém das ondas: simétricas.

Marcas de ondas na praia



Marcas onduladas



- ✓ estruturas primárias, que se formam quando os sedimentos estão inconsolidados e na superfície;
- ✓ Marcas deixadas sobre uma superfície pela ação da água ou do vento;
- ✓ superfície ritmicamente ondulada, com comprimento de onda centimétrico a decimétrico, em sedimentos arenosos ou siltsosos que se forma em dunas, pela ação do vento, e em ambientes sub-aquáticos, pela ação de ondas e de correntes

Marcas de ondas preservadas em arenito



Estratificação gradacional



Estratificação que apresenta variação gradual e progressiva de granulometria. (ex: ritmitos de correntes de maré).

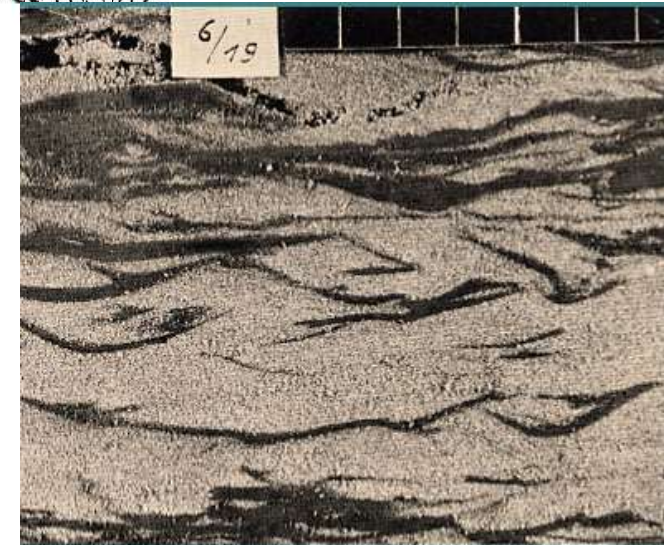
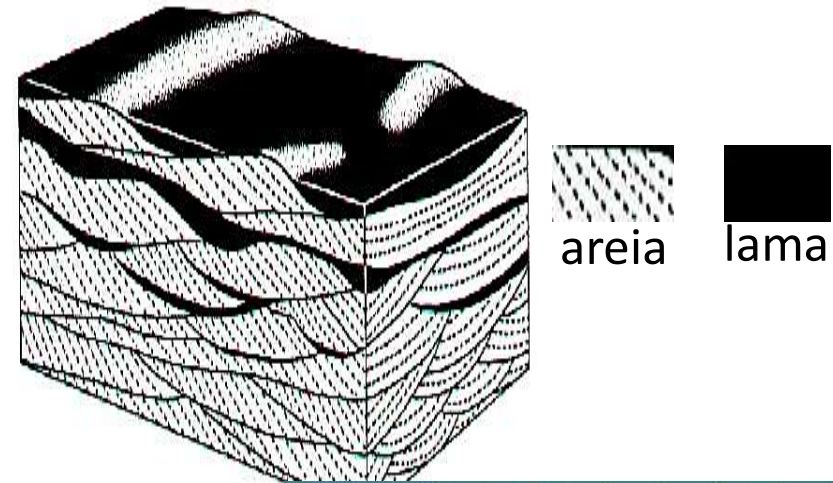
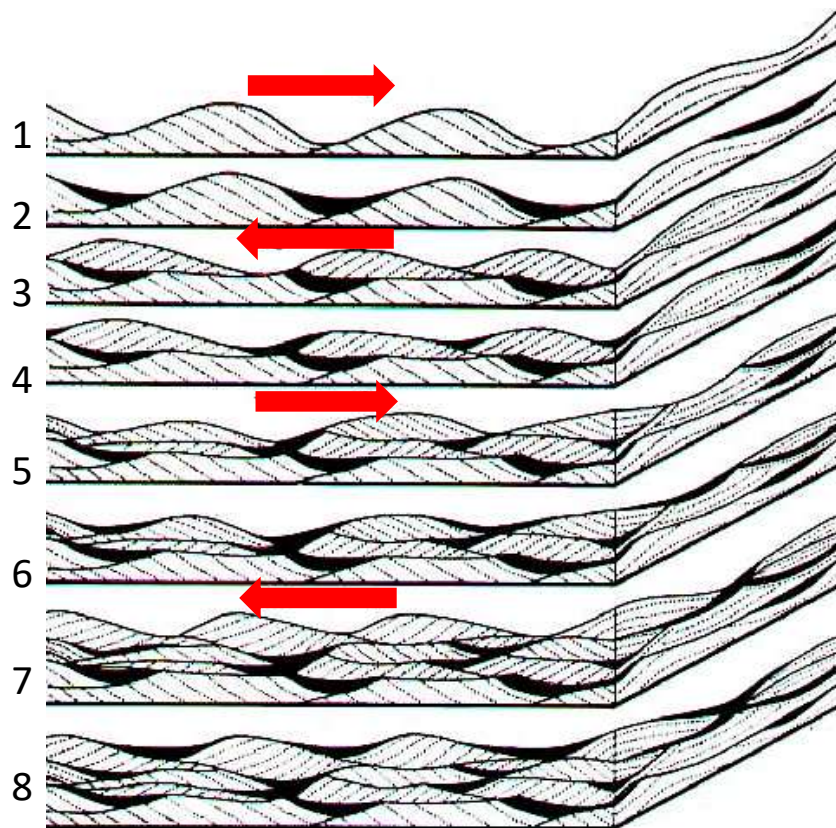
estratificação gradacional em sedimentos fluviais



os grãos (partículas)
maiores depositam-se
primeiro:

seixos (conglomerados),
areia (arenitos), silte
(siltitos) e argila (argilitos).

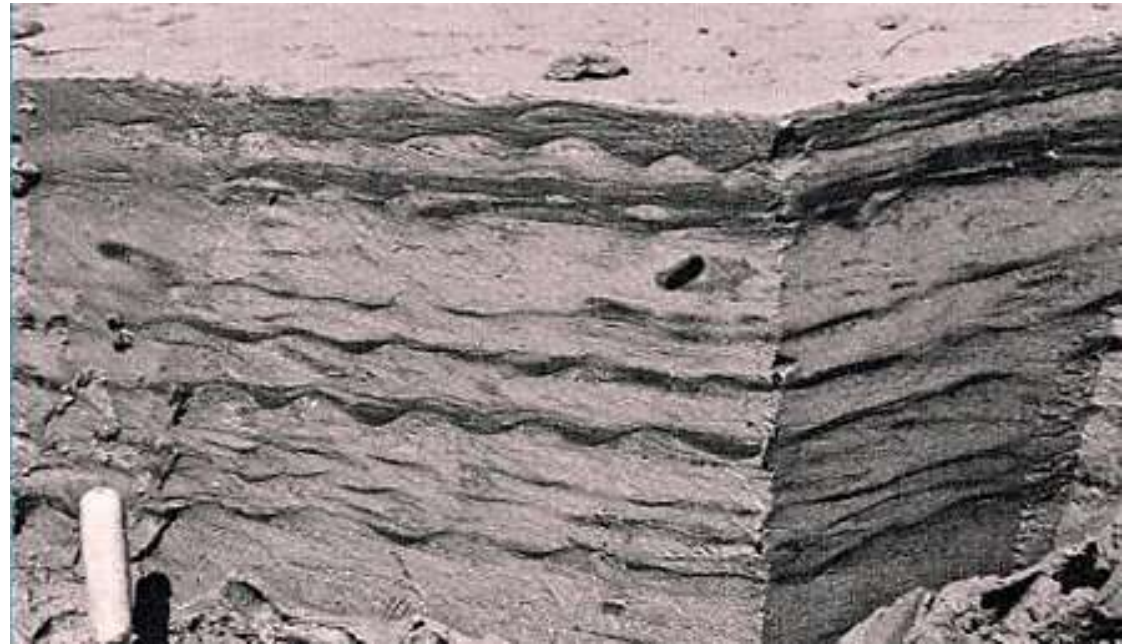
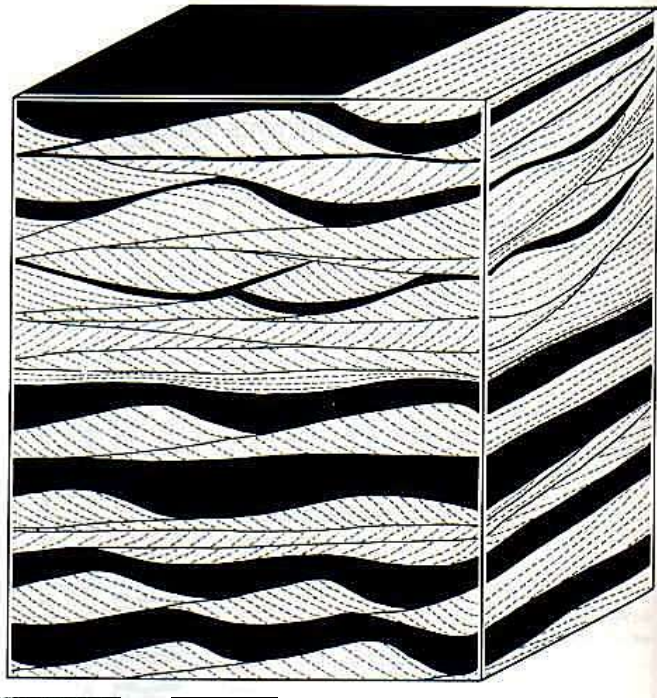
Flaser



Pequenas marcas de corrente (*ripples*) formadas por lentes de areia e lentes menores de lama, nas quais a lama é depositada, ao final de um ciclo de maré.

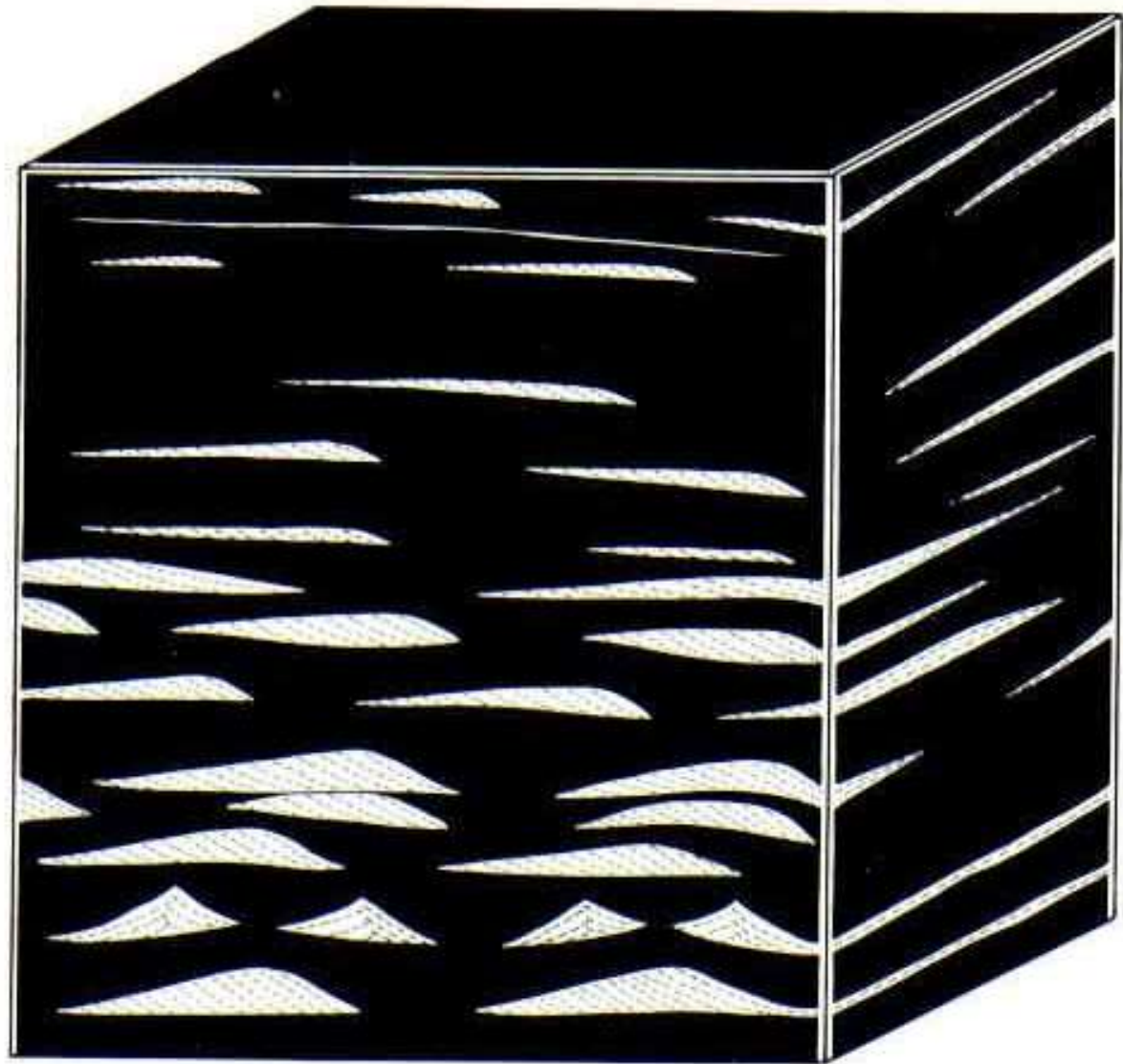
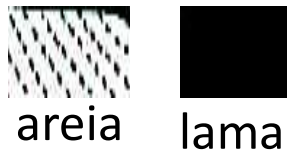
O ciclo seguinte, **em sentido oposto**, deposita nova série de *ripples* arenosas com lama, e assim sucessivamente.

Wavy



formadas pelo mesmo processo do *flaser*, porém com **razão areia/lama menor**, formando camadas onduladas e contínuas de areia e lama intercaladas

Lenticular



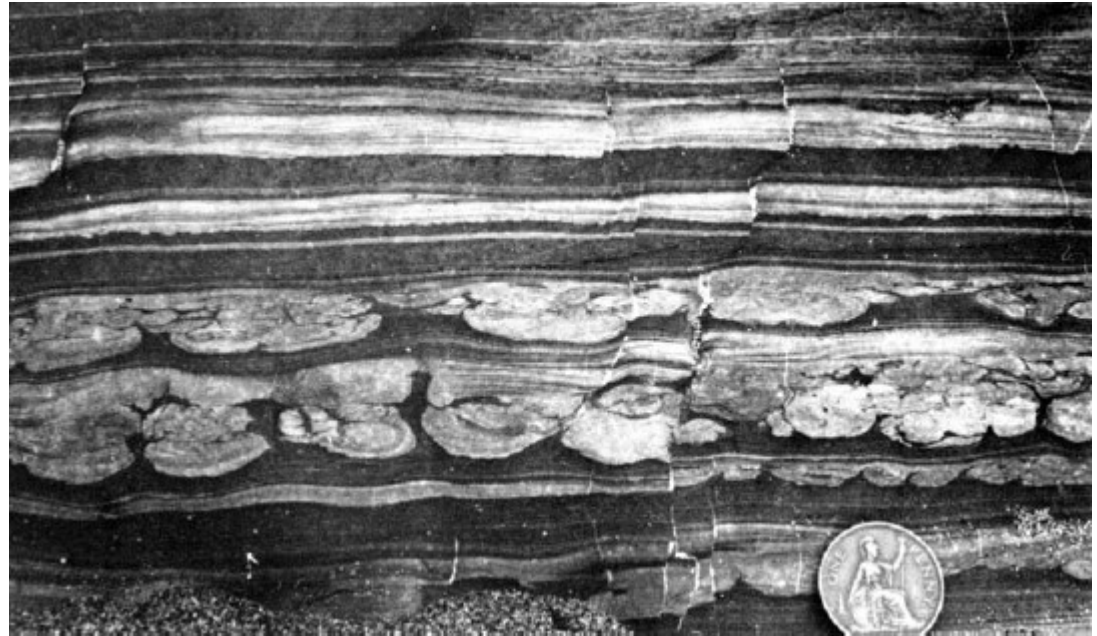
são pequenas lentes de areia intercaladas dentro de uma camada lamosa, a razão areia/lama é menor do que nas estruturas *flaser* e *wavy*

Estruturas produzidas por deformação e distúrbios sin-sedimentares

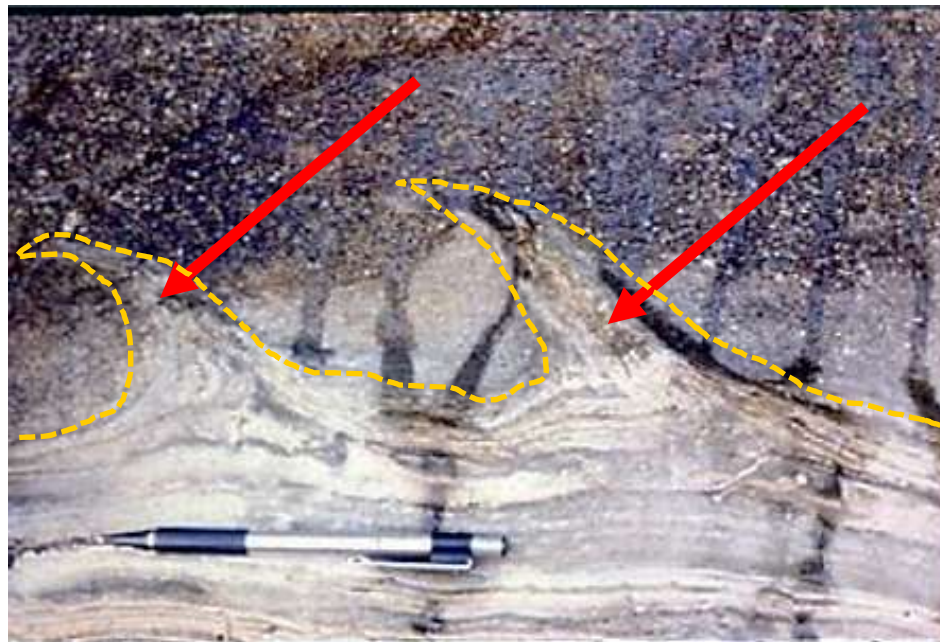
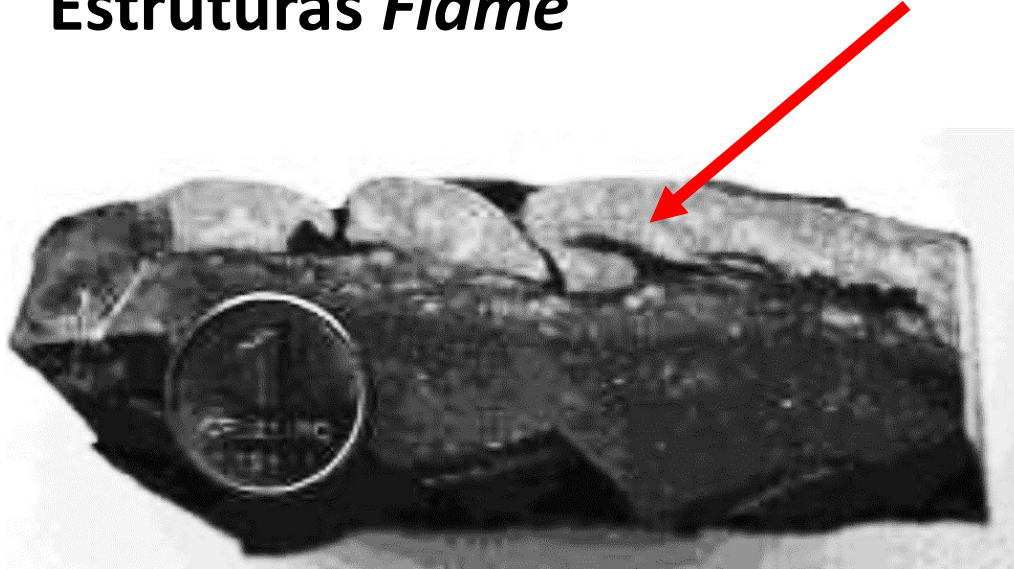
Estrutura de deformação **penecontemporânea** preservada na parte inferior de um leito arenoso que cobre outro lamoso.

Estrutura de sobrecarga (marca de sola)

- ✓ **Aparência:** protuberâncias que podem ser levemente marcadas ou bastante irregulares, e no geral **não indicam a direção da corrente.**
- ✓ Resultado da deposição de areia sobre um leito lamoso hidroplástico, também podendo ocorrer dentro de unidades de arenito.
- ✓ A carga diferencial entre camadas é ajustada por movimentos verticais ocasionando **o afundamento do leito de areia na forma de lobos ou empurrando o leito lamoso, para cima, como línguas, sendo a estrutura então denominada estrutura em chama.**



Estruturas *Flame*



Estrutura de deformação penecontemporânea, do tipo estrutura de sobrecarga que se apresenta como pequena “língua” lamosa pontiaguda e curvada, em direção a um leito geralmente arenoso subjacente

olistostroma

Corpo, massa ou depósito sedimentar constituído por blocos rochosos caoticamente dispostos em uma massa argilosa sem estratificação (*melange* ou mistura sedimentar) cuja origem pode estar ligada a **deslizamentos sin-deposicionais** (*olistomai*=deslizar; *stroma*=camada), com corridas de lama envolvendo blocos exóticos de outras rochas em zonas oceânicas de **forte talude** como às das fossas junto às **zonas de subducção**.



Gretas de Contração

- Estrutura sedimentar que se desenvolve nos sedimentos argilosos quando sofrem um processo de ressecamento em função do calor solar, contraindo-se e quebrando-se num padrão grosseiramente poligonal.
- rachaduras são mais tarde são preenchidas por sedimentos;
- Característicos de um ambiente onde chove e após ocorre ressecamento com consequente rachadura



Marcas de Gotas



marcas de gotas das chuvas podem ficar impressas na superfície de sedimentos macios. Diferenciam-se dos orifícios causados pela extrusão de bolhas pelo fato da borda da pequena cratera apresentar-se soerguida pelo impacto

Acamamento/Laminação convoluta

- ✓ Dobramento do acamamento ou laminação em dobras de forma comum em cúspide;
- ✓ Relacionadas á deformação plástica de sedimentos parcialmente liquefeitos, logo após deposição;
- ✓ Podem ocorrer em sucessões turbidíticas, em planícies de inundação de rios e planícies de marés em zonas **sismicamente inativas**



arenito



calcário

ATENÇÃO: Muito de dobras tectônicas!!!!

Feições Biogênicas

Evidências indiretas do organismo ou de sua atividade



Organismos vivos no ambiente de sedimentação



Rocha sedimentar com estruturas biogênicas

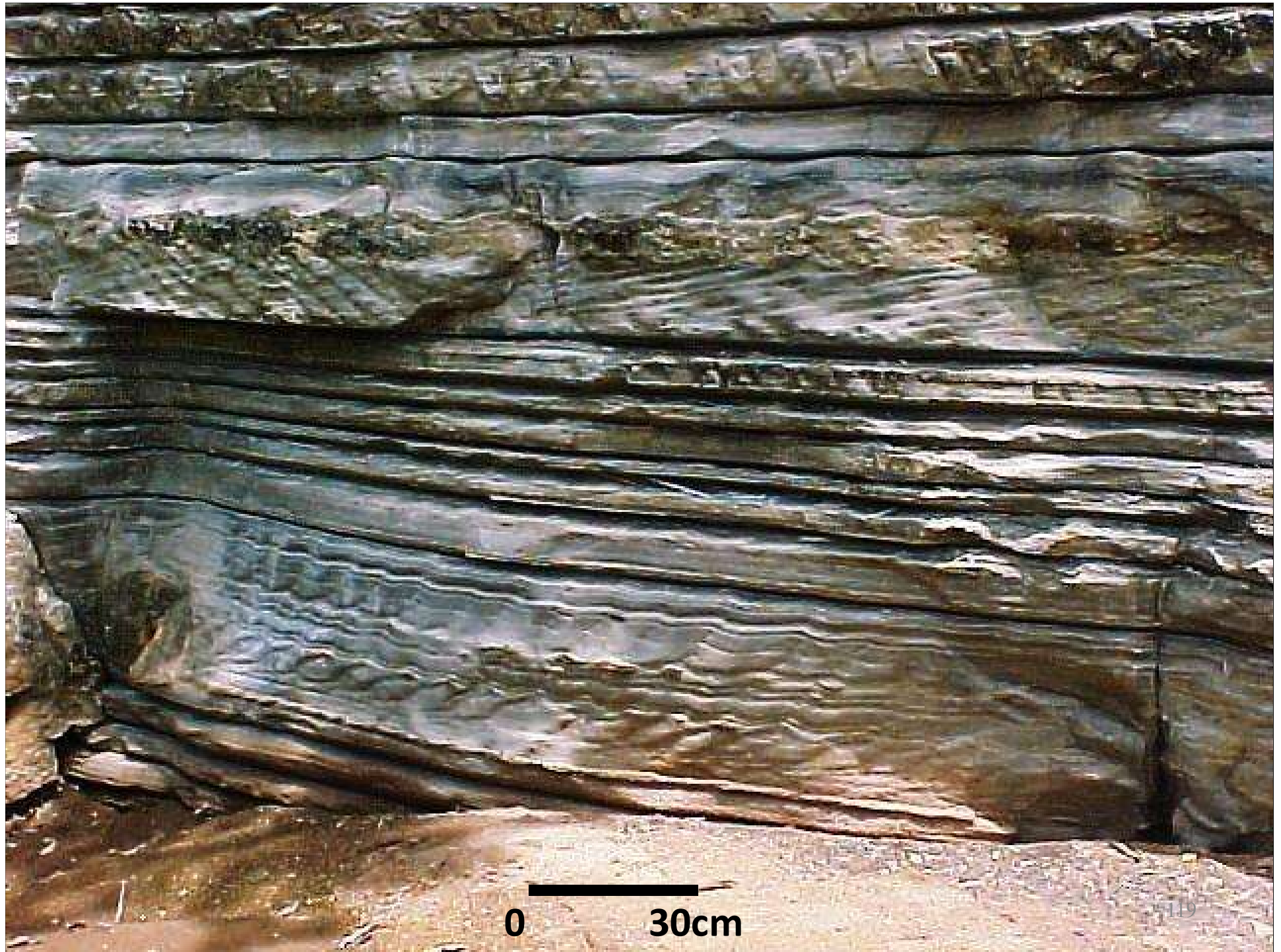
Estruturas tepee



- ✓ Quando ocorre a dissolução de camadas de determinada composição, ocorre colapso de leitos de sedimentos subjacentes, denominadas de **estrutura brechosa de colapso** (*collapse breccias*).
- ✓ **tipo particular é a estrutura *tepee***: fragmentos de calcário em forma de ripas que se inclinam em ângulos íngremes com a horizontal, de modo que a estrutura lembra tendas indígenas

Exercício 2:

- Quais estruturas sedimentares são observadas nas duas figuras abaixo??





4. Classificação

CLASSIFICAÇÃO DAS ROCHAS SEDIMENTARES

Segundo o **material** constituinte:

1. Clástico ou Detrítico ou terrígeno

- desagregação de rochas pré-existentes.
- composição destes sedimentos reflete os processos de intemperismo e a geologia da área da fonte

2. Químico (Ortoquímico)

- originadas pela precipitação de substâncias químicas solúveis.

3. Bioquímico ou Biogênico (Orgânico)

- Rochas bioconstruídas (recifes de coral, estromatólitos);
- Rochas bioacumuladas, formadas por material de origem orgânica (carapaças de protozoários, moluscos, algas, etc.)

1. Rochas sedimentares clásticas ou detríticas/terrígenas

- Constituída por **partículas (clastos) preexistentes**, unidas pela compactação e/ou cimentação durante a diagênese.
- Classifica-se segundo o **tamanho** dos grãos
 - **Psefitos**: formados por partículas $> 2\text{mm}$: *conglomerado*
 - **Psamitos**: formados por partículas entre $2-0.062\text{mm}$ de diâmetro: *arenitos*.
 - **Pelitos/lutitos**: formados por partículas de < 0.062 de diâmetro: *siltito, argilito*.
- Quanto maior a partícula, mais forte deve ser a corrente necessária para transportá-la e depositá-la

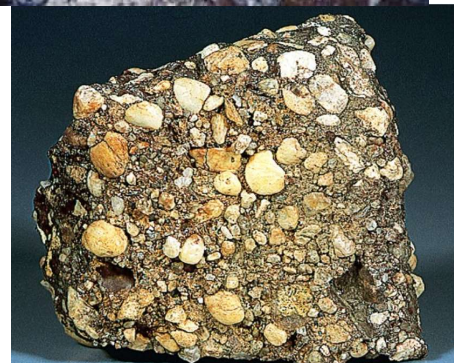
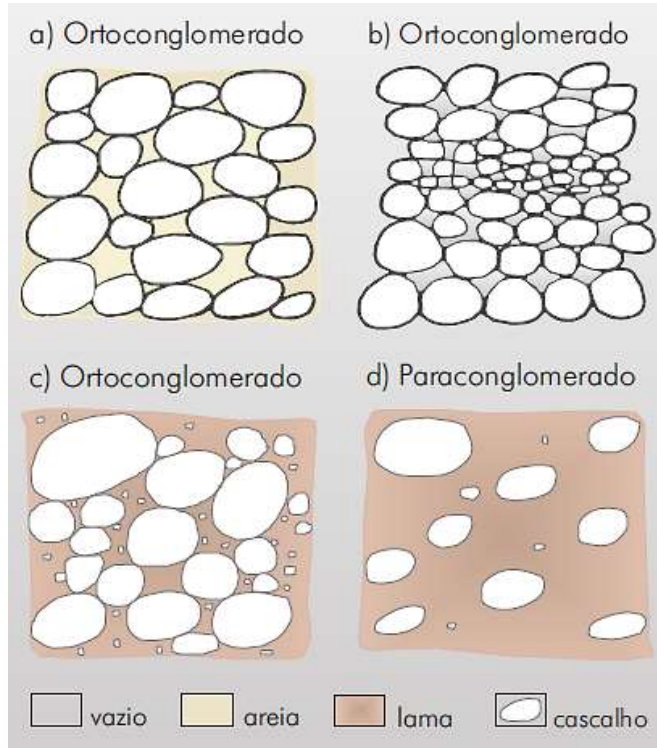
Critério: tamanho dos grãos

GRANULOMETRIA	TAMANHO	SEDIMENTO	ROCHA
GROSSO (cascalho) Rochas Psefíticas	$d > 256$	matacão	CONGLOMERADO
	$256 < d < 64$	calhau	
	$64 < d < 2$	seixo	
MÉDIO Rochas Psamíticas	$2 < d < 0,062$	areia	ARENITO
FINO (lama) Rochas Pelíticas	$0,062 < d < 0,004$	silte	SILTITO
	$d < 0,004$	argila	LAMITO (se fratura em bloco, sem estratificação) FOLHELHO (quebra ao longo do acamamento) ARGILITO

Dimensões em milímetros (mm)

Conglomerado

Ambientes rios de montanhas, praias rochosas de ondas altas, canais marginais a geleiras (originados do degelo)



“Orto”: sustentados pelo arcabouço;
“Para”: arcabouço flutuante (sustentado pela matriz).

Arenito

Correntes aquáticas moderadas (rios), ondas nos litorais, ventos que sopram areia nas dunas



Minerais principais: quartzo > feldspato > micas

Siltito

Depositados pelas correntes mais suaves, fluviais ou marinhas em estuários, planícies, lagos e lagunas. Formado pela deposição e litificação de sedimentos com grãos de tamanho silte, intermediário entre os tamanhos areia e argila



Composição mineralógica variada: quartzo > feldspato > micas > argila

Folhelho

Depositados pelas correntes mais suaves, que permitem que se assentem lentamente até o fundo do ambiente sedimentar



- possuem lâminas finas e paralelas esfoliáveis, enquanto os argilitos apresentam as argilas com aspecto mais maciço.
- Os **folhelhos negros** são muito ricos em m.o. (3 a 15%), e desagregam-se em lascas finas, semiflexíveis e altamente físseis.
- Os folhelhos comuns apresentam menos de 1%.
- Sulfetos, como a pirita, aparecem com frequência em sua composição mineralógica, e são raros os fósseis encontrados.

Minerais principais: argilas, micas, quartzo, sulfetos, + m.o.

Argilito

Depositada por águas calmas, em margens fluviais, estuários, planícies, lagos, lagoas e bacias oceânicas. Rochas argilosas firmemente endurecidas, porém, não tão compactadas para se transformarem em folhelhos

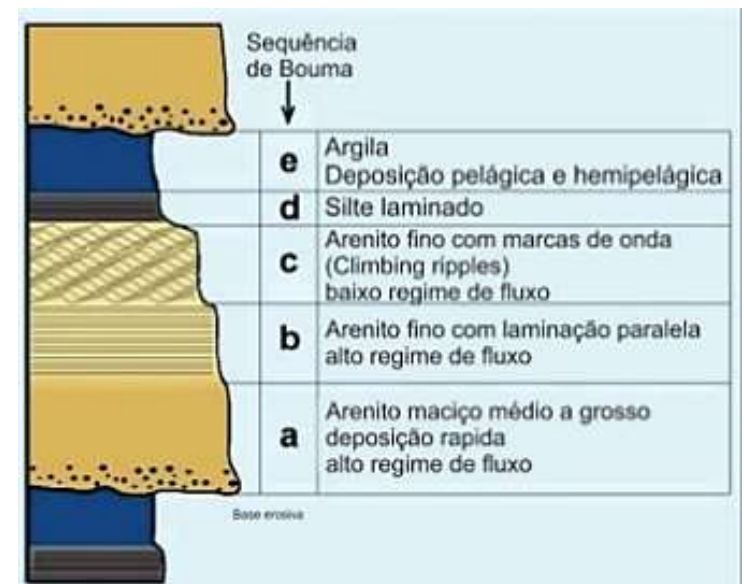
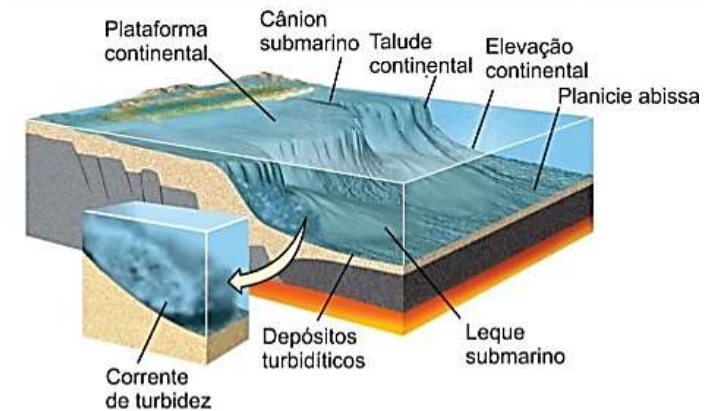


Constituição: grãos de dimensão da argila → argilo-minerais

Depósitos sedimentares detríticos
adicionais comuns:

Turbidito: em instabilidade de talude e borda de bacias

- depósito sedimentar originado por correntes de turbidez submarinas, sobretudo em bacias de antepaís (*foreland*), em ambiente tectônico de margem convergente;
- depósitos de larga ocorrência nos **ambientes de mar profundo**, os quais formam camadas sedimentares estratigraficamente superpostas, que podem atingir vários quilômetros de espessura.
- Turbiditos clássicos apresentam a “**sequencia de Bouma**”
- Camadas distintas de sedimentos associados à variações no regime de fluxo da corrente. Da base para o topo fica evidenciado um **decréscimo ascendente de grão, com deposição de cascalho e areia grossa na base gradando para areia fina, silte e argila em direção ao topo**. Essa gradação ascendente é representativa do decréscimo de velocidade do fluxo da corrente.



Ritmitos

- rocha sedimentar clástica com estratificação plano-paralela devido à alternância de duas litologias diferentes em lâminas e finas camadas, formando estratos semelhantes e repetitivos;
 - Alternância de **arenito ou siltito claro** com camadas de granulação fina **pelítica escura** (silte/argila) que se repetem ritmicamente;
 - O par claro-escuro compõem a unidade rítmica da repetição.
- A produção de ritmitos deve-se a um ou dois tipos básicos de processos:
1. **ciclos sazonais** - varvitos
 2. **variações periódicas na energia** de transporte relacionada ao aporte dos sedimentos.



Varvito: ritmito depositado comumente em lagos próximos a geleiras

estações mais quentes → derretimento do gelo mais intenso → maior transporte de areia, argila e silte para o fundo do lago → camadas mais espessas e claras (siltito ou arenito)

estações mais frias do ano → corpos d'água congelam.

Neste período as partículas mais finas se depositam (argila ou silte) no fundo do lago, por exemplo, formando as lâminas mais escuras e delgadas denominadas folhelhos.

Varvito de Itu – Grupo Itararé



2 e 3. Rochas sedimentares químicas e biogênicas

Classificação com base em sua **composição química**:

- A. Rochas carbonáticas (calcários e dolomitos)
- B. Evaporitos
- C. Sedimentos silicosos
- D. Fosforitos
- E. Formações ferríferas
- F. Turfas, carvões, óleo e gás

- Os ambientes de sedimentação carbonáticos são os *mais abundantes* dentre os ambientes **químicos** e **bioquímicos** e ocorrem predominantemente nos ***oceanos***.

A) Rochas e sedimentos carbonáticos

- Acúmulo de minerais carbonáticos precipitados por processos **orgânicos ou inorgânicos**.
- São abundantes devido à grande quantidade de Ca^{2+} e CO_3^{2-} existentes na água do mar:
 1. A combinação destes íons promove a **precipitação inorgânica do CaCO_3** ,
ou
 2. Ocorre **tipicamente** por processos de **crescimento de organismos que secretam CO_3^{2-}** , ou pela deposição de conchas e esqueletos de **foraminíferos**, principalmente (organismos unicelulares que vivem na superfície da água).

- Rocha carbonática típica \Rightarrow **CALCÁRIO**

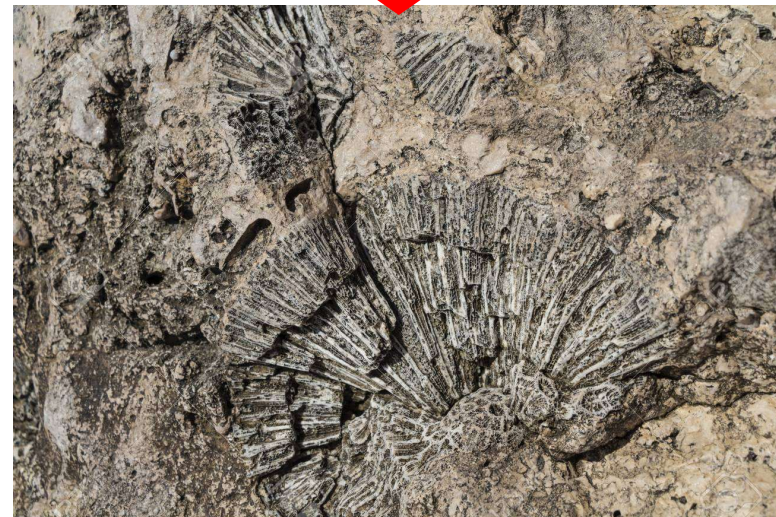


- **DOLOMITO** \Rightarrow formado por dolomita - $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ - mineral que não se precipita primariamente a partir da água de mar nem é secretado por nenhum organismo.
O Mg entra na composição da calcita pós deposição por mecanismos de substituição iônica.

Bioconstruídas

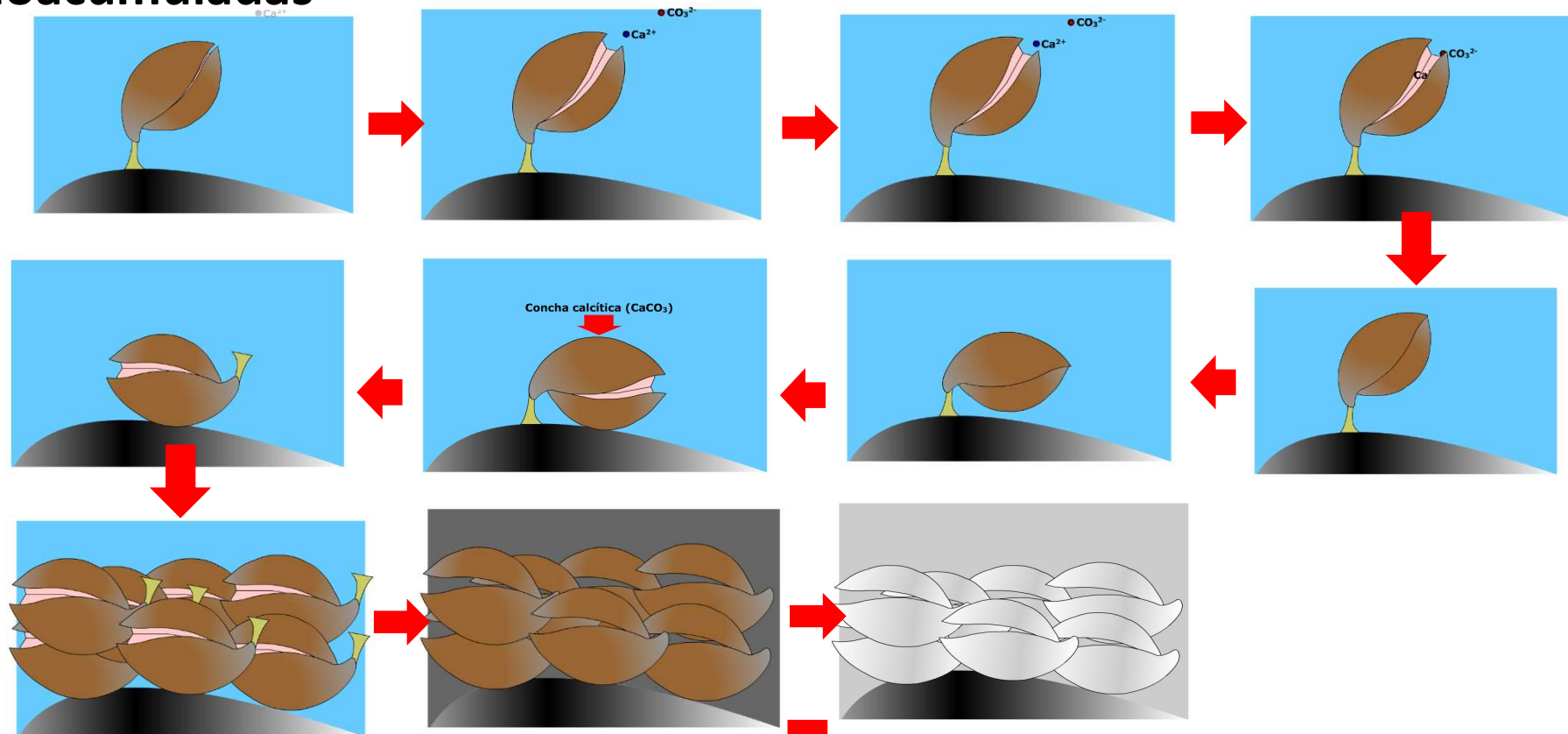


estromatólitos



Recifes de corais

Bioacumuladas



coquina



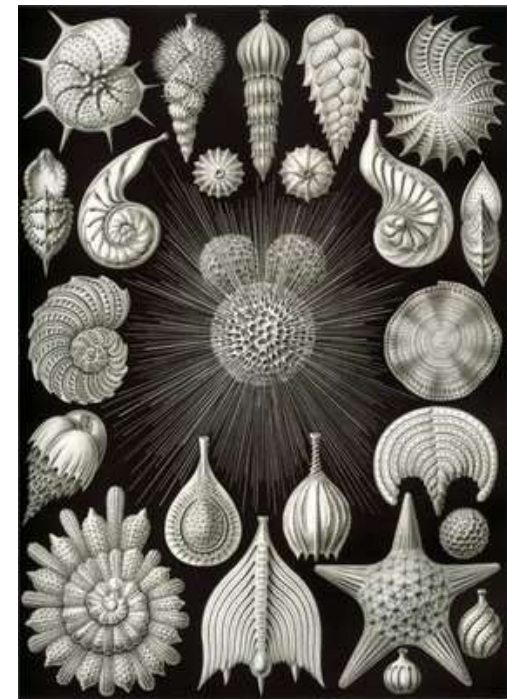
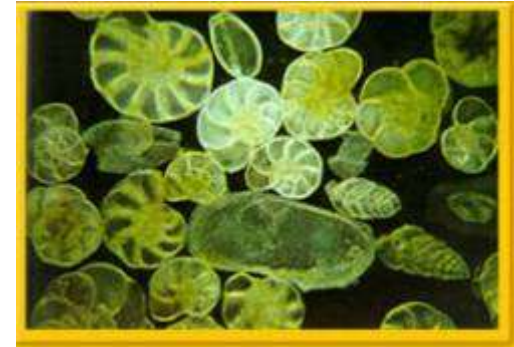
Bioacumuladas



Calcário de foraminíferos (Numulites)

coquina

Foraminíferos



B) Rochas e sedimentos evaporíticos

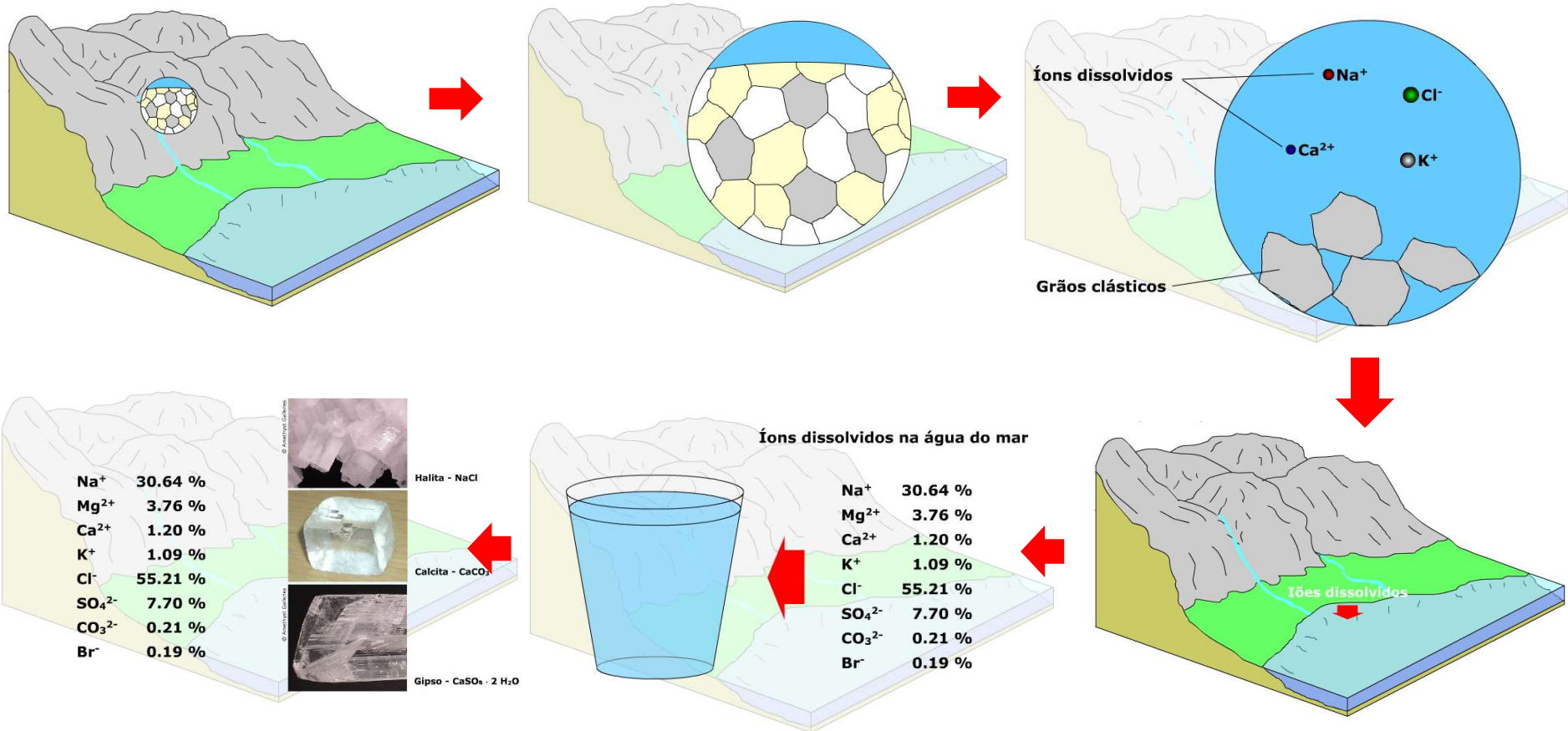
Formados a partir da evaporação da água em alguma baía ou braço de mar.

Formam-se neste ambiente:

- Carbonatos
- Sulfatos - Gipsita ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) e Anidrita (CaSO_4)
- Cloretos – principalmente Halita (NaCl)
- Cloretos e sulfatos de Mg e K

Em regiões **muito áridas**:

- Boratos
- Nitratos



- minerais constituintes da rocha sofre intemperismo químico →
- grãos insolúveis + íons → rios carregam íons dissolvidos →
- íons necessários para formar minerais: organicamente ou inorganicamente.

Precipitação de sais com a evaporação de uma solução: Rochas sedimentares

Processo importante na formação das rochas sedimentares químicas.

Responsável pela precipitação de minerais a partir da evaporação de salmouras.



Evaporitos

Principal ambiente de formação: **lagunas** em climas tropicais com fortes e contínuas evaporações acompanhadas de afluxo sistemático ou intermitente de água salgada do mar e com pouco ou nenhum aporte de sedimentos clásticos.

A precipitação do sal acontece quando o soluto atinge o ponto de saturação salina daquele componente.

Deposição de camadas salinas ocorre em uma seqüência ou sucessão de salinização progressiva da bacia de deposição, dos sais menos solúveis para os mais solúveis:

Constituinte	Porcentagem em relação ao total de sólidos dissolvidos
NaCl	78,04
MgCl ₂	9,21
MgSO ₄	6,53
CaSO ₄	3,48
KCl	2,21
CaCO ₃	0,33
MgBr ₂	0,25
SrSO ₄	0,05



perfil esquemático demonstrativo

silvita (KCl)

halita (NaCl)

anidrita (CaSO₄)

carnalita
(KCl.MgCl₂.6H₂O)

gipsita (CaSO₄.H₂O)

Calcita (CaCO₃)



Evaporitos

Evaporação até 50% da água - não há cristalização

Evaporação superior a 50% - precipitação de CaCO_3 .

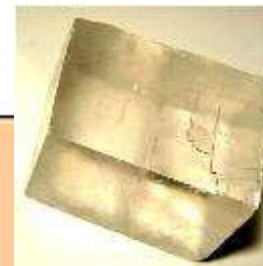
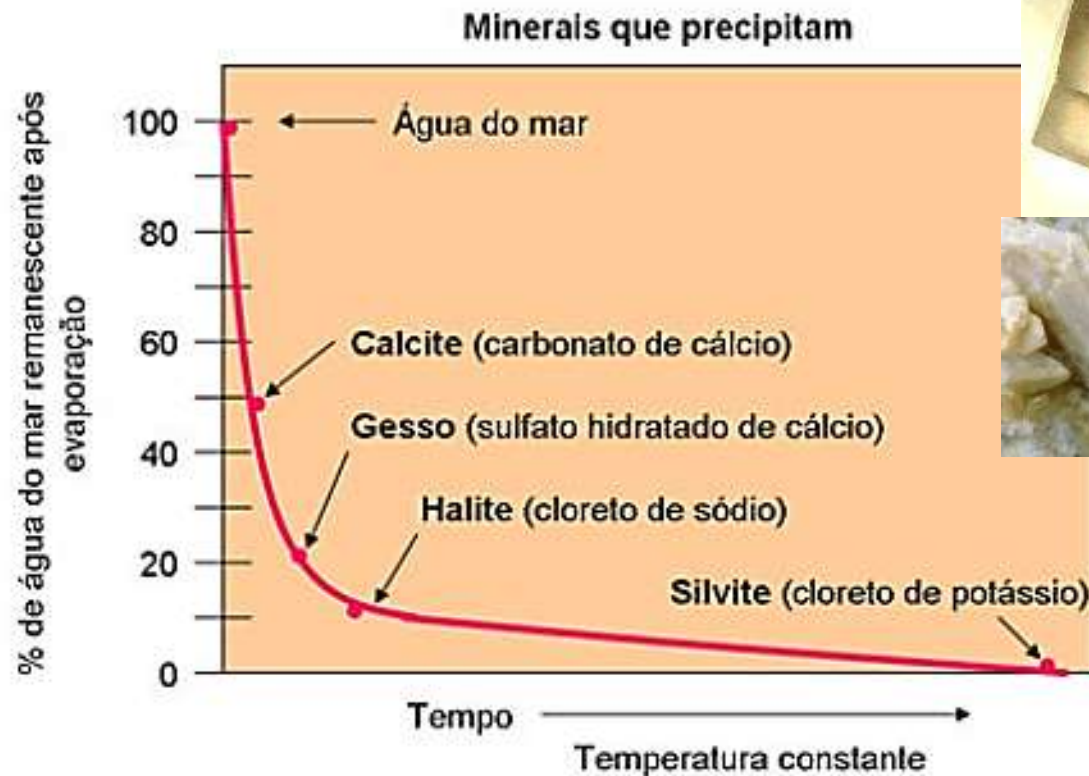
Evaporação superior a 80% - precipitação de CaSO_4 .

Evaporação superior a 90% - precipitação do NaCl

Evaporação superior a 95% - precipitação de cloreto e sulfato de Mg, KCl e NaBr .

+ insolúvel

+ solúvel



Calcita – CaCO_3



Gesso – $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$



Halita – NaCl



Silvite – KCl

Evaporitos: quando e onde se formam

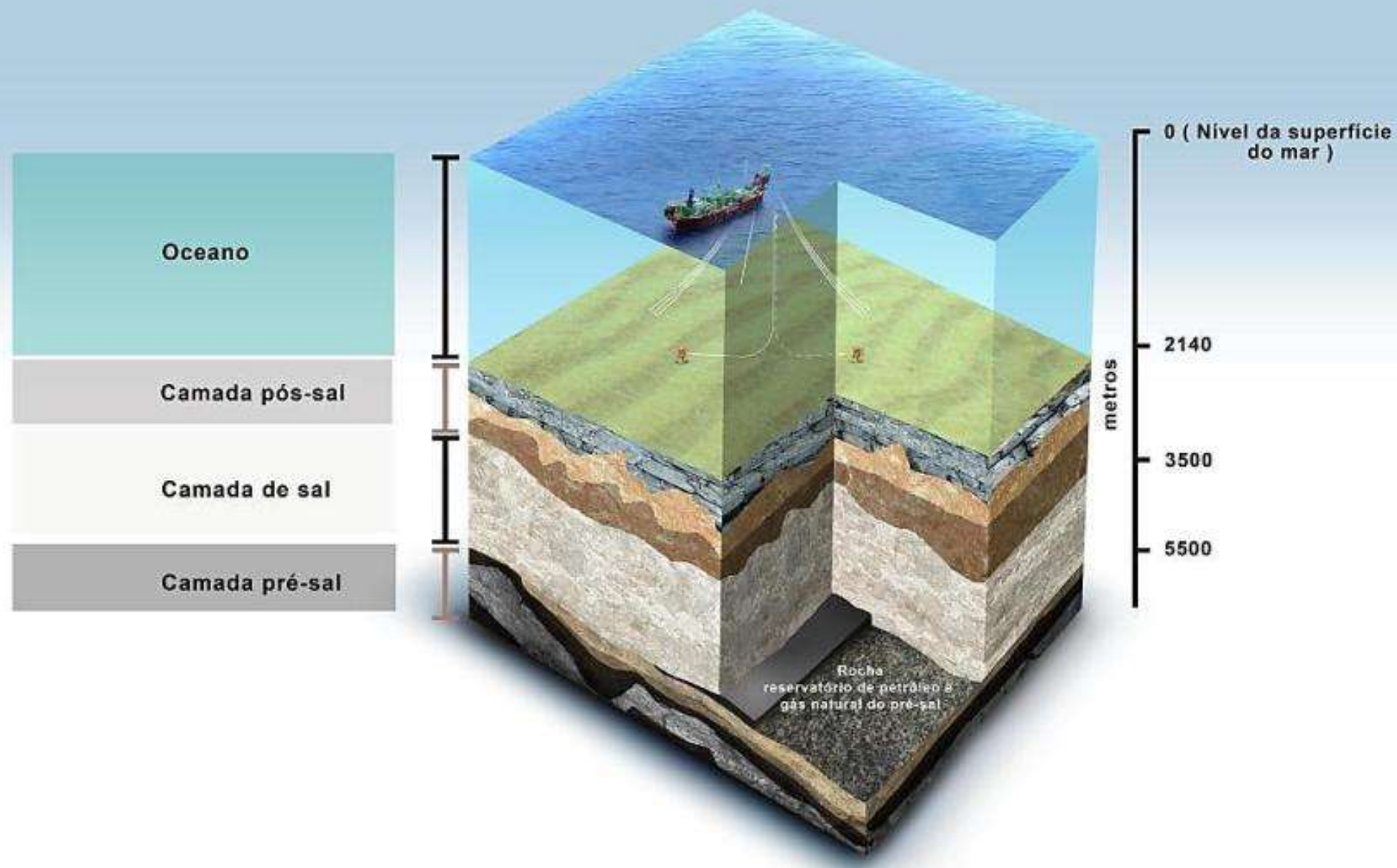
- 1- Logo antes da colisão de placas;
- 2- Durante a fragmentação de um megacontinente

- ✓ 130 Ma: continentes começaram a se separar.
- ✓ Ao longo da fratura entre os novos continentes → estreita e longa bacia sedimentar → lago (sedimentos ↑ em m.o.) → **golfo** alongado com a entrada do mar (predecessor do Atlântico Sul).
- ✓ Neste golfo circulavam **águas saturadas de NaCl e outros sais solúveis. Sucessivas épocas de evaporação intensa propiciaram a deposição de evaporitos.**
- ✓ Assim, a hoje **espessa camada de sal** encontrada na margem continental brasileira **recobre sedimentos lacustres e transicionais que geraram o petróleo e o gás natural** presentes nas bacias sedimentares do Sudeste brasileiro.

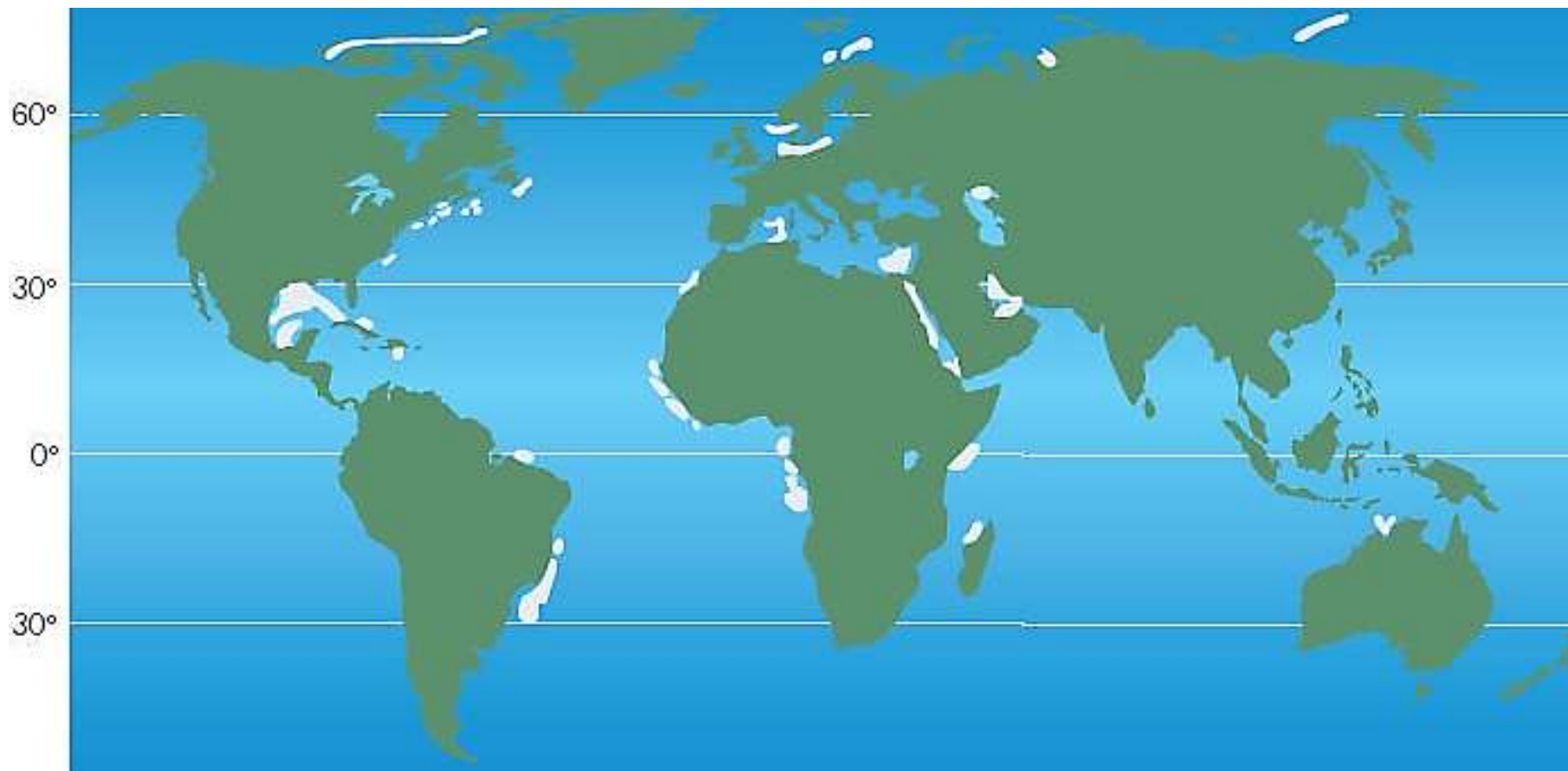
Super continente - Gondwana



A produção no Pré-sal



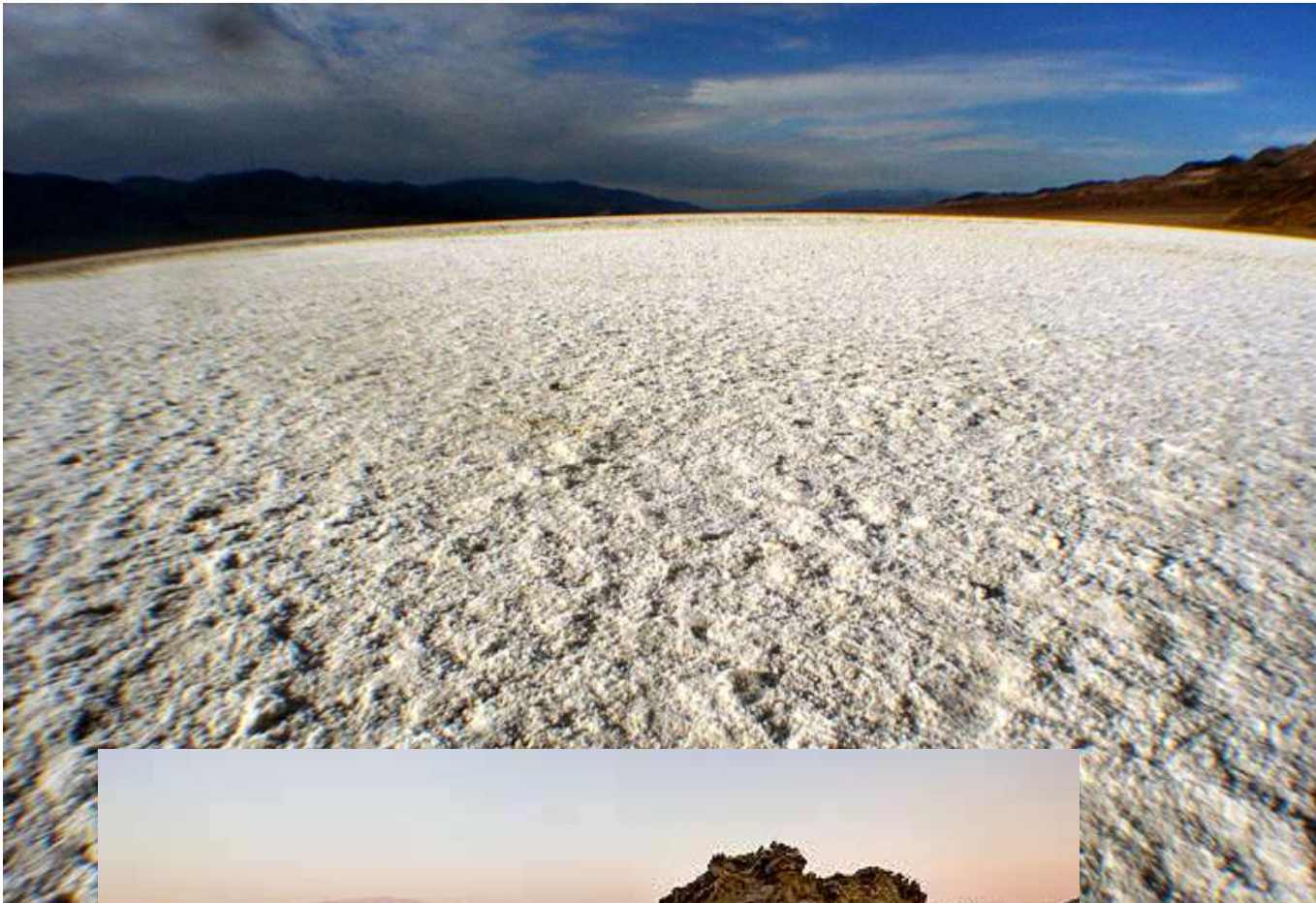
Os **evaporitos** são encontrados em várias bacias de hidrocarbonetos ao redor do mundo. Existem depósitos significativos nas águas profundas do Golfo do México e em regiões offshore do oeste da África e Brasil, no Sul do Mar do Norte, Egito e Oriente Médio.



Maiores depósitos Globais de Sais - áreas brancas (mod. – Farmer et al., 1996)

Vale da Morte





Silvite (KCl)



Halita



Mar Morto

lago de água salgada do Oriente Médio



fronteira de placas tectônicas, entre a Placa africana e a Placa Arábica

C) SEDIMENTOS SILICOSOS



Chert: Rocha sedimentar química ou bioquímica (carapaças de organismos) ou vulcanoquímica, densa, dura, maciça ou acamadada, semivítrea, cinza, preta ou branca; sílica amorfa e quartzo microcristalino. *Jaspe* variedade de *chert*

Sílex (variedade de chert): O sílex ocorre principalmente de forma nodular ou de segregação concrecionária (nódulos de sílex) associada a rochas carbonáticas (calcário e dolomita) ou sílico-carbonáticas, formado muitas vezes, por silicificação, desde **singenética** até **epigenética**.

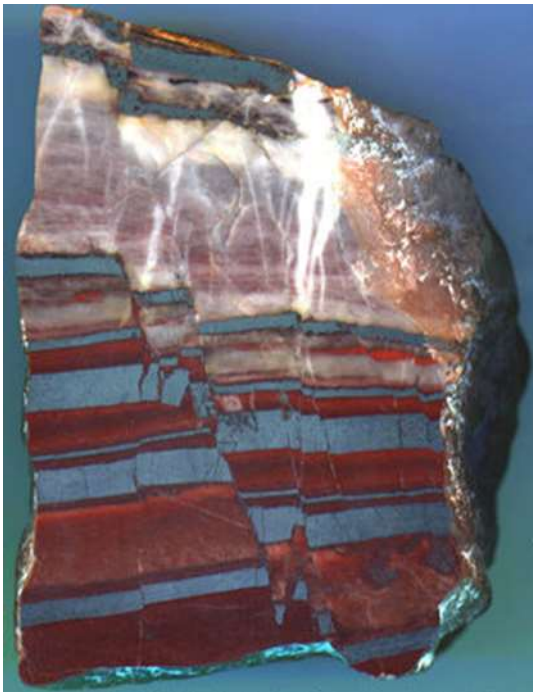


D) SEDIMENTOS FOSFÁTICOS \Rightarrow fosforitos \Rightarrow $[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2]$
também precipitados por processos **químicos** ou **bioquímicos**



E) SEDIMENTOS FERRUGINOSOS \Rightarrow formações ferríferas \Rightarrow precipitação em épocas remotas, quando havia menos O_2 na atmosfera (*red beds*)

Formações Ferrífera Bandadas (BIF) são alternâncias de camadas ricas em Fe (originalmente metálico) com camadas de *chert* (material silicoso) ou carbonatos. Restritos ao Pré-cambriano. ($3.0 < \text{BIFS} > 1.8 \text{ Ga}$) (**> 90% 2.45 Ga**)



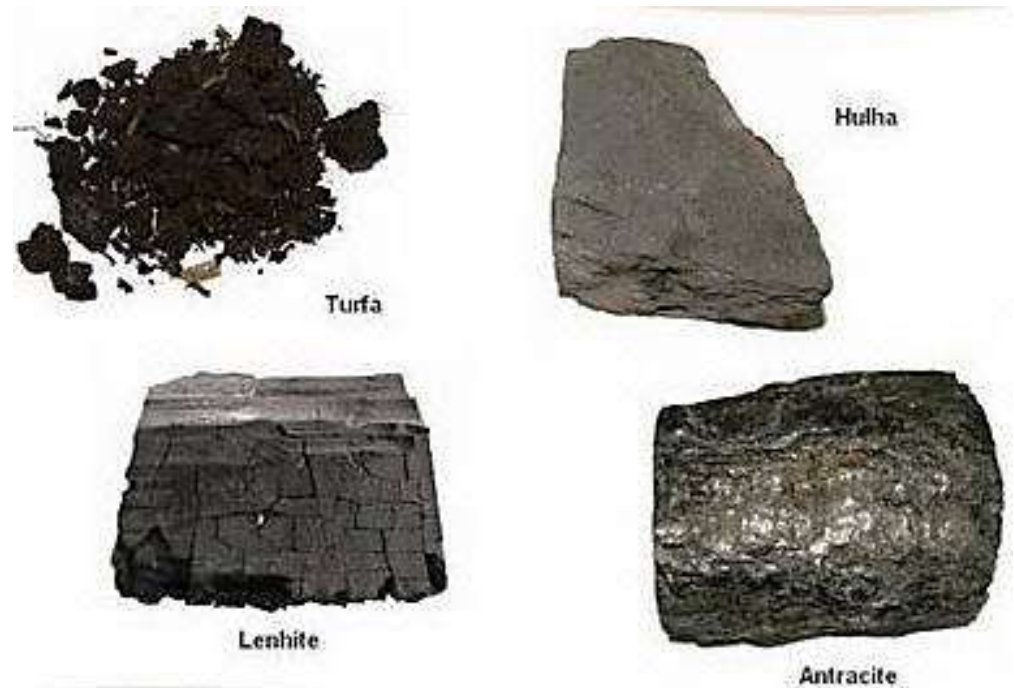
Evidências geológicas das mudanças nos níveis de O_2 na atmosfera terrestre

Turfas, carvão

F) SEDIMENTOS ORGÂNICOS

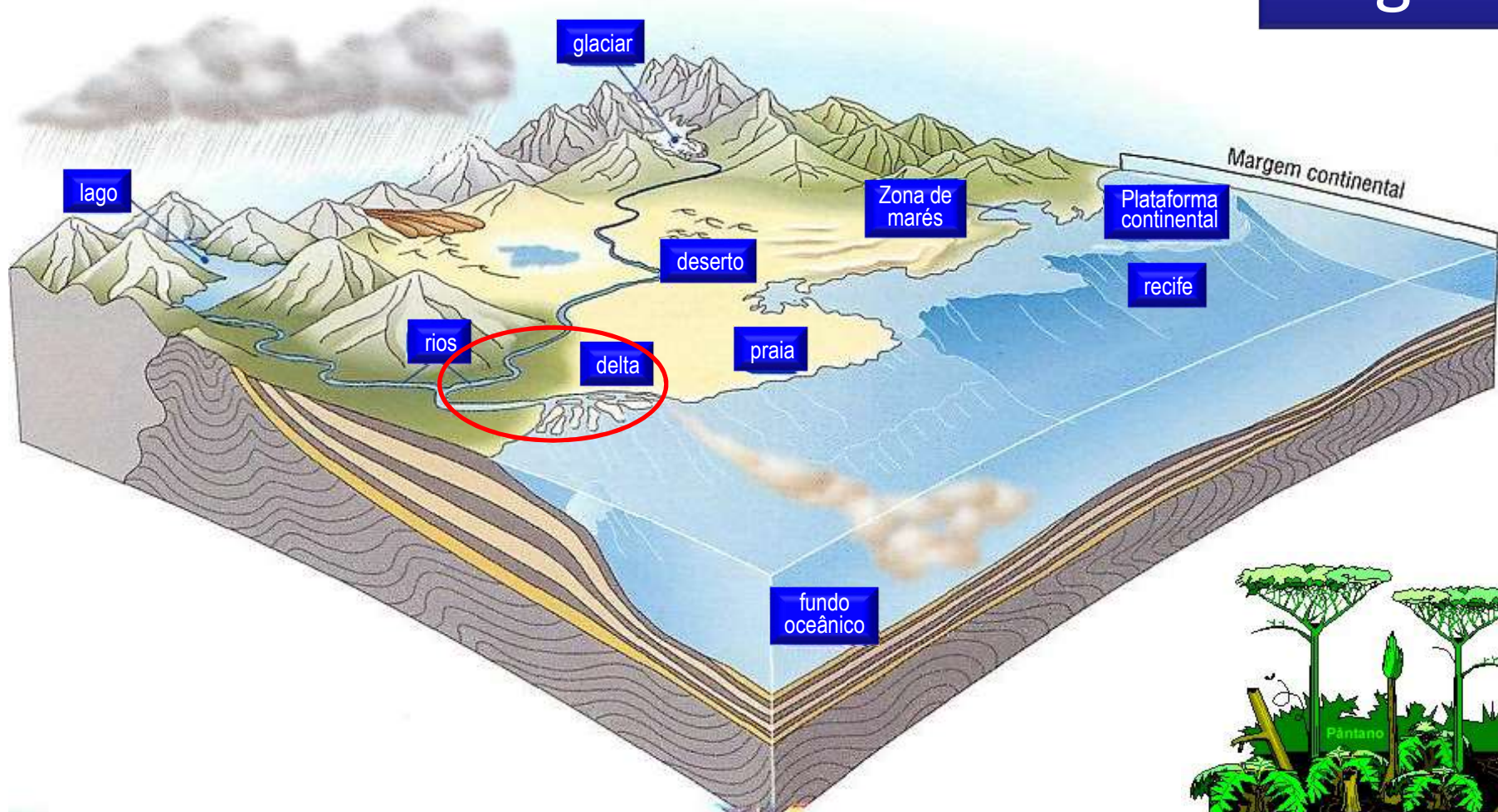
Os elementos que constituem o **carvão** são principalmente **carbono** e **hidrogênio**. Seus outros componentes são **enxofre**, **nitrogênio**, **oxigênio** e **halogênios**. O **carbono**, em função do seu elevado teor, é o principal elemento químico no carvão e está estreitamente ligado ao **grau de carbonificação**.

O carvão é uma **rocha sedimentar**, combustível, formada a **partir de vegetais** que se encontravam em diferentes estágios de conservação, e tendo sofrido **soterramento** com **compactação** em bacias pouco profundas

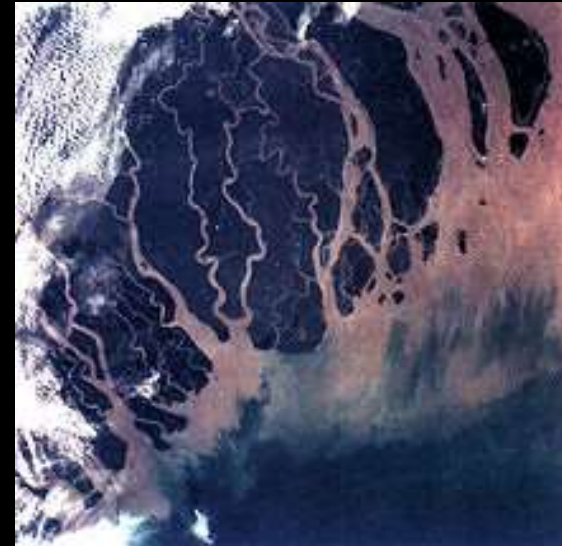


Carvão mineral

Origem:



- ✓ Decomposição de M.O. vegetal em ambiente anaeróbico, saturados d'água – bacias rasas (regiões deltáicas, estuarinas e pantanosas);



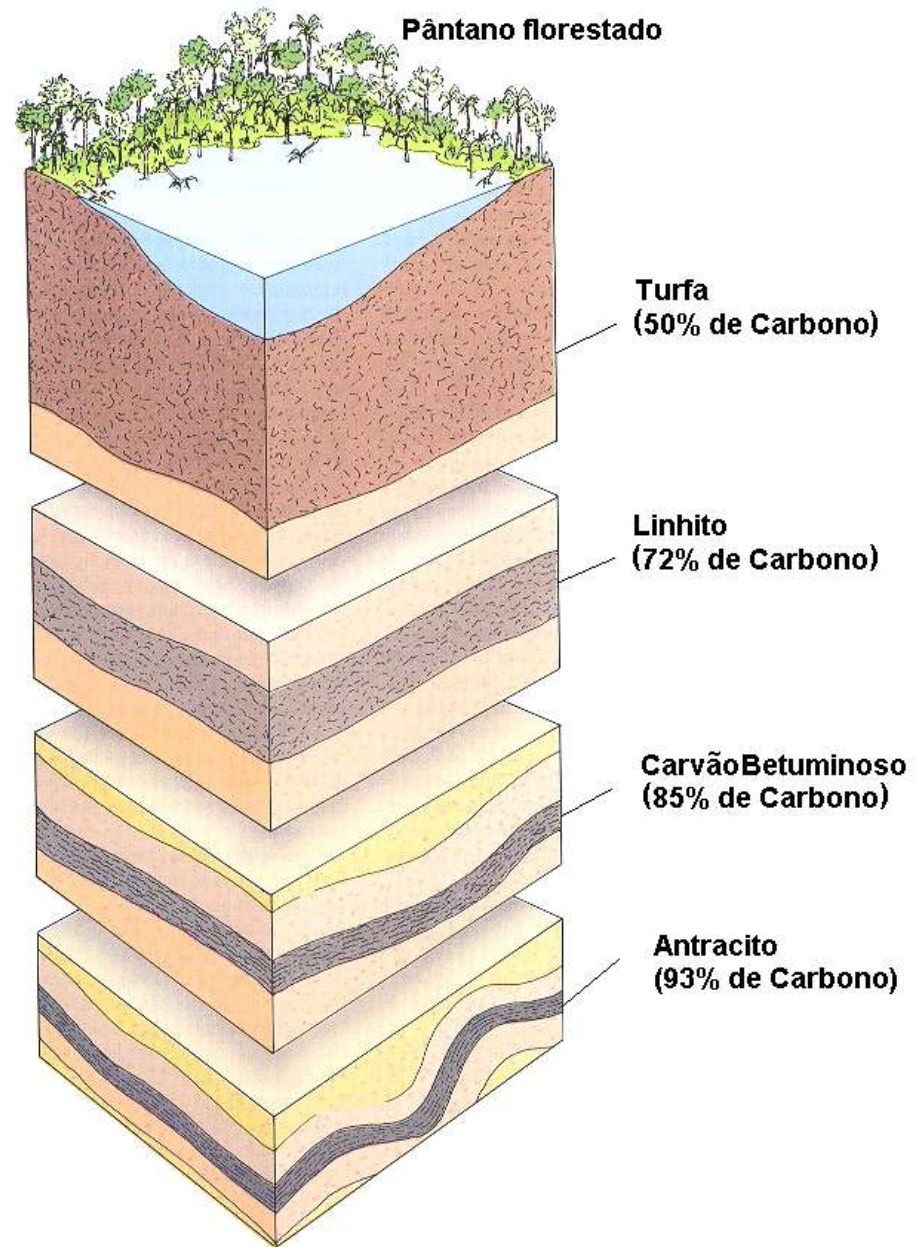
Continental	Paludal (pântano)
Transicional	Deltaico Estuarino



Tipo	Potencial calorífico	% Carbono	% Umidade
Turfa	Baixo	20 a 30	30
Linhito	Baixo	70	10 a 25
Hulha	Alto	75 a 90	1
Antracito	Alto	96	0,9

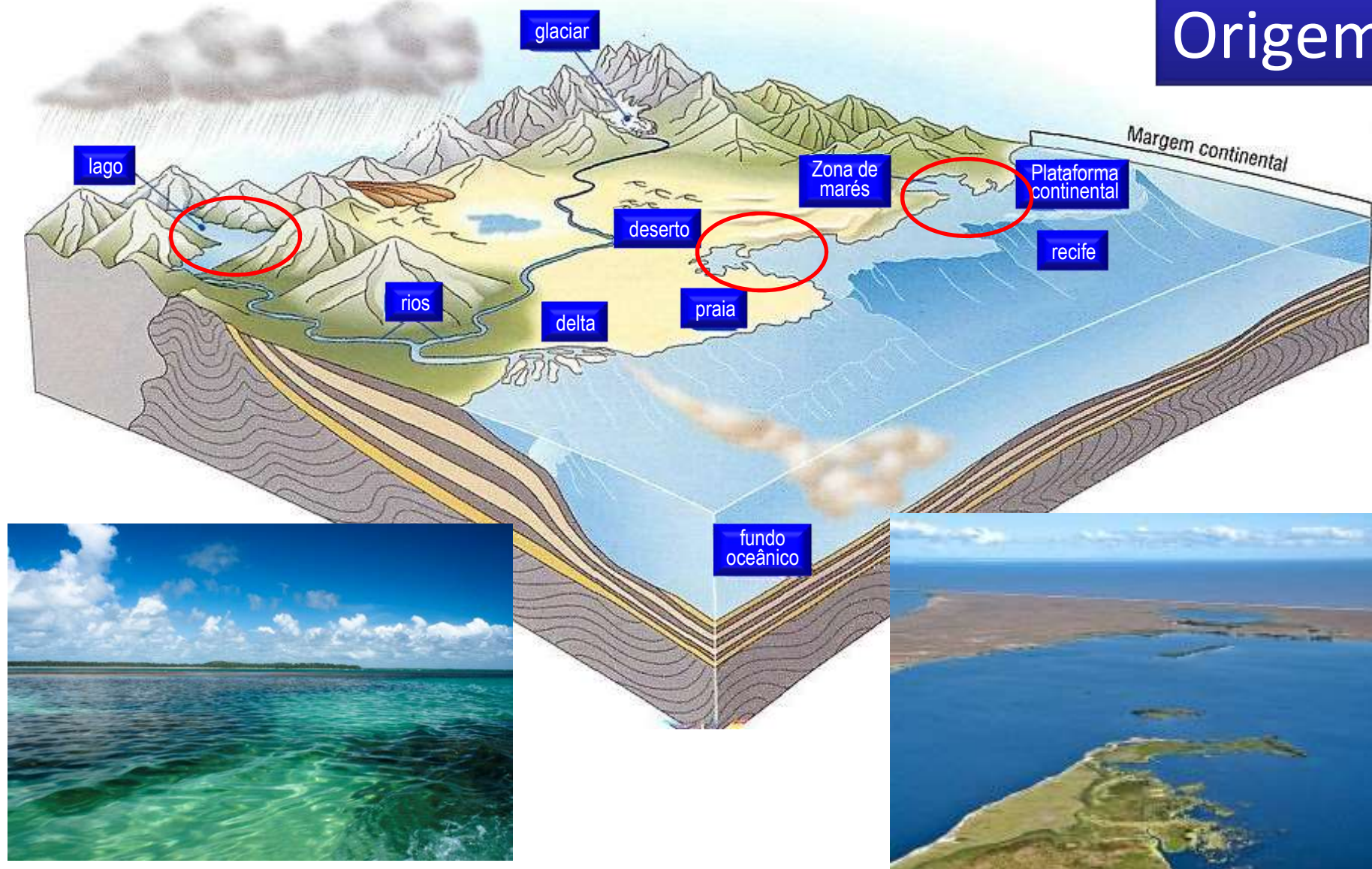
Formação do Carvão mineral ou fóssil:

- vegetação densa, água estagnada (impede a atividade das bactérias e fungos);
- massa vegetal acumulada, dezenas de milhares de anos → turfa (% C + ↑ celulose).
- dezenas de Ma: turfa multiplica teor C → linhito → hulha (carvão betuminoso, sub-betuminoso) → antracito até 90% C fixo)



Folhelho betuminoso

Origem:



- ✓ Decomposição de m.o. de seres como algas, plânctons e bactérias em ambiente anaeróbico— lagos, lagoas, mares rasos;



O **folhelho pirobetuminoso** é uma rocha sedimentar que contém, em sua matriz mineral, *querogênio**, que se decompõe sob o efeito de calor produzindo óleo e gás.

Formação Irati (Bacia do Paraná) - 250 Ma . Depósito conhecido como ***“xisto” betuminoso***

- ✓ Folhelho betuminoso: m.o. (betume) disseminada em seu meio é quase fluida, sendo facilmente extraída;
- ✓ Folhelho pirobetuminoso: m.o. (querogênio), que depois será transformada em betume, é sólida à temperatura ambiente.
- ✓ O óleo de “xisto” refinado \cong petróleo de poço, sendo um combustível muito valorizado.
- ✓ reserva EUA > Brasil > Rússia.
- ✓ Todavia, a exploração de é cara.

Obs.: xisto é um nome incorreto
Xisto é uma rocha metamórfica bem foliada

** parte insolúvel da matéria orgânica modificada por ações geológicas: , composto químico a partir do qual são gerados todos os tipos de hidrocarbonetos*



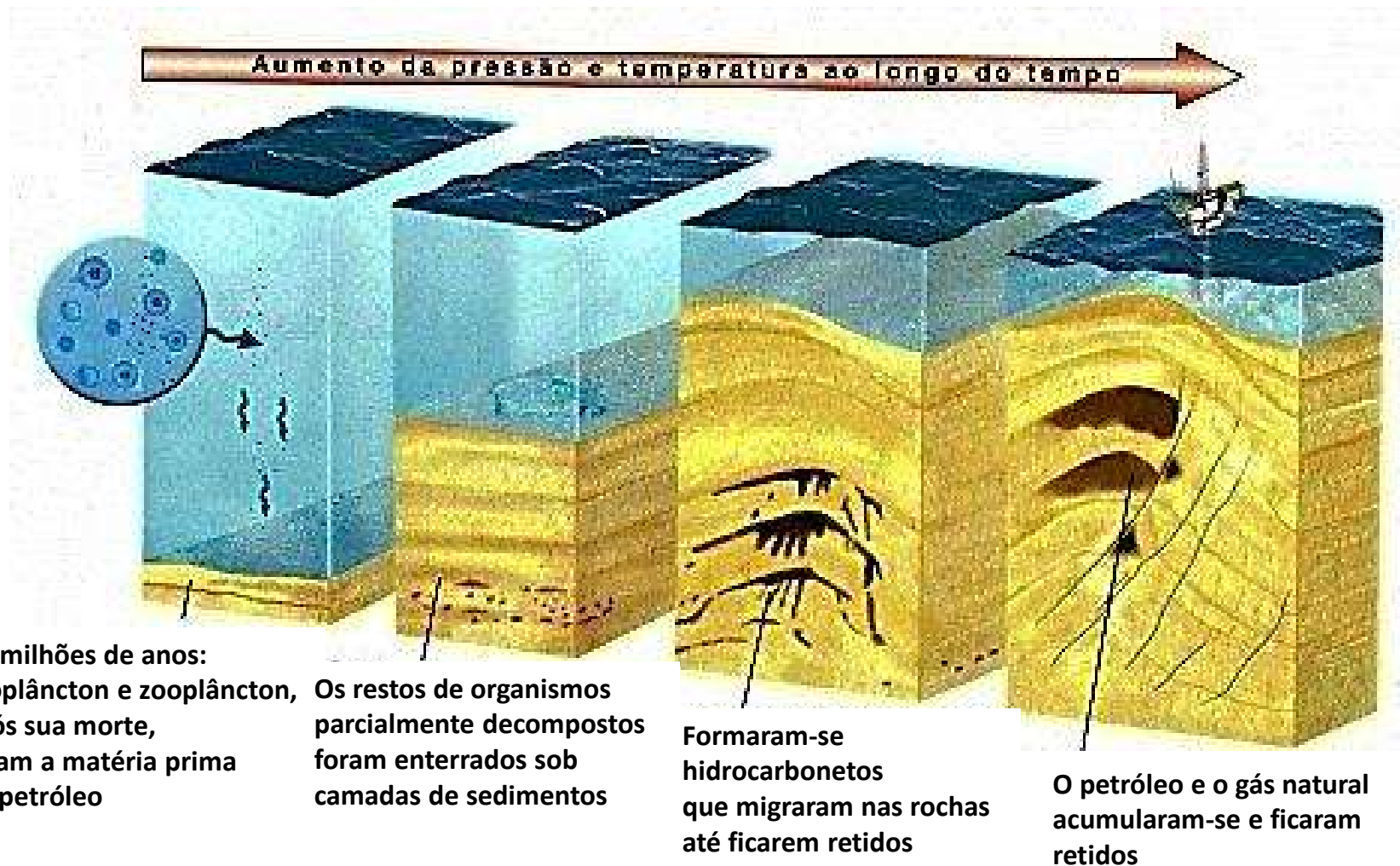
Folhelho pirobetuminoso – São Mateus do Sul, PR

Petróleo e Gás

O petróleo é originado, como o carvão, da maturação da m.o. (**algas principalmente**) em ambiente anaeróbico, perdendo voláteis e concentrando C

Condições adicionais para sua formação:

- ✓ presença de **rochas geradoras** (argilitos e folhelhos ricos em m.o.);
- ✓ presença de **rochas reservatório** (arenitos, calcários permeáveis);
- ✓ **migração** do óleo das rochas geradoras às reservatório;
- ✓ presença de **rochas capeadoras** (argilitos, folhelhos, sal);
- ✓ presença de **trapas** estruturais ou estratigráficas



O petróleo e o gás natural formaram-se há milhões de anos

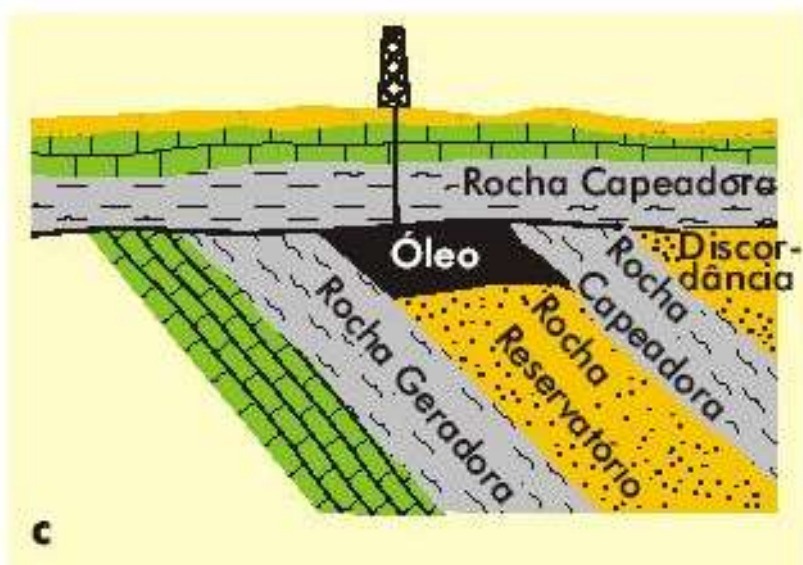
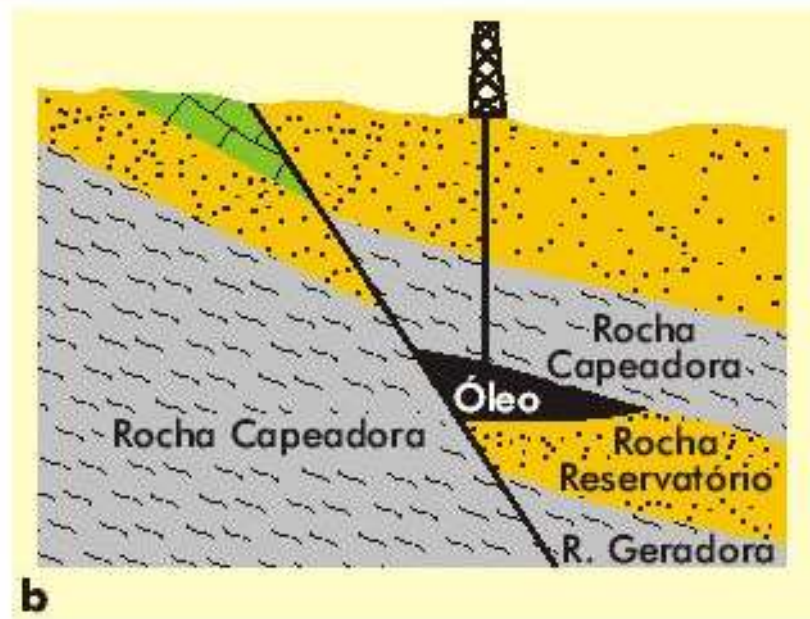
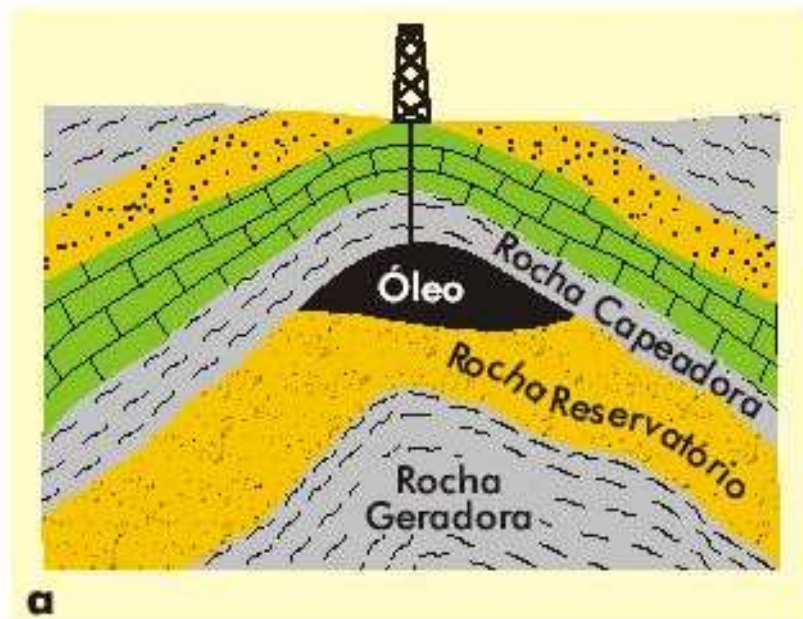
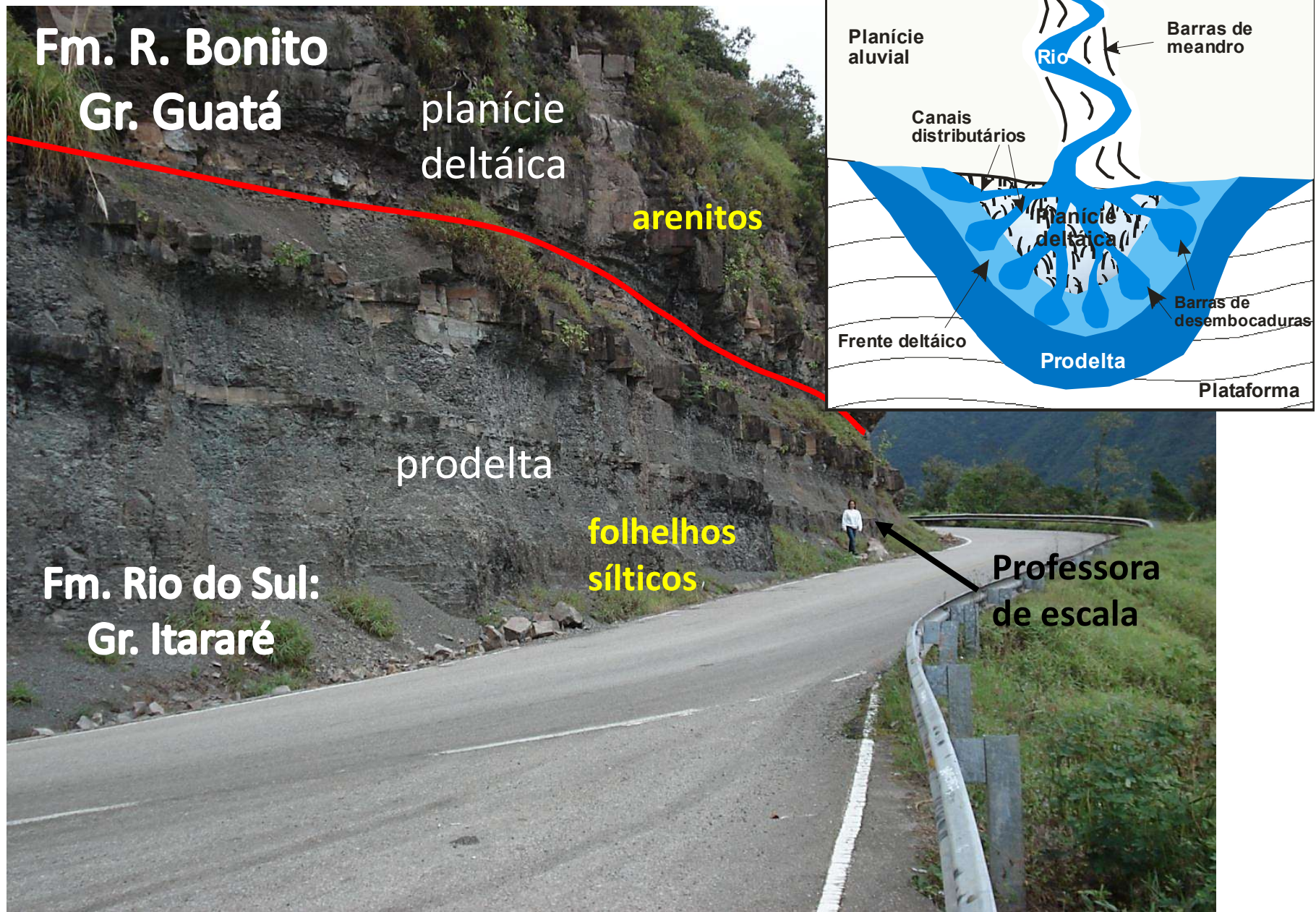


Fig. 22.5 Exemplos de trapas: (a) anticlinal, (b) falha, (c) discordância.

Exercício 3:



Serra do Rio do Rastro, SC



Ambiente deltaico da Fm Rio Bonito sobre a fácies de prodelta do do Gr. Itararé: o que ocorreu em relação ao nível do mar neste Período ????

5. IMPORTÂNCIA

Importância

- *Interpretação do ambiente deposicional* →
- *Fósseis ⇒ História Geológica da vida* →
- *Combustíveis fósseis ⇒ Petróleo e Carvão* →
- *Aqüíferos Subterrâneos* →
- *Materiais de construção (areia e argila)* →
- *etc.*

Geomorfologia

PLANALTOS

- Extensão de terrenos mais ou menos planos, situados em altitudes variáveis.
- É um termo de valor apenas descritivo, se não for associado à estrutura.
- *“Uma superfície elevada, mais ou menos plana, delimitada por escarpas íngremes, onde o processo de degradação supera os de agradação.” (GUERRA & GUERRA, 1997)*

DEPRESSÕES

- Áreas situadas abaixo do nível do mar ou abaixo do nível das regiões vizinhas. As primeiras são chamadas de depressões absolutas e as segundas de depressões relativas.
- Um vale pode ser chamado de depressão longitudinal.

PLANÍCIE

- Extensão de terreno mais ou menos plano, onde os processos de agradação superam os de degradação.
- É importante lembrar que há planícies que estão a mais de 1.000m de altitude – planícies de montanha.
- Trata-se de um terreno mais ou menos plano, de natureza sedimentar e, geralmente de baixa altitude.
- É uma forma de relevo relativamente recente.

Alguns tipos de depressões

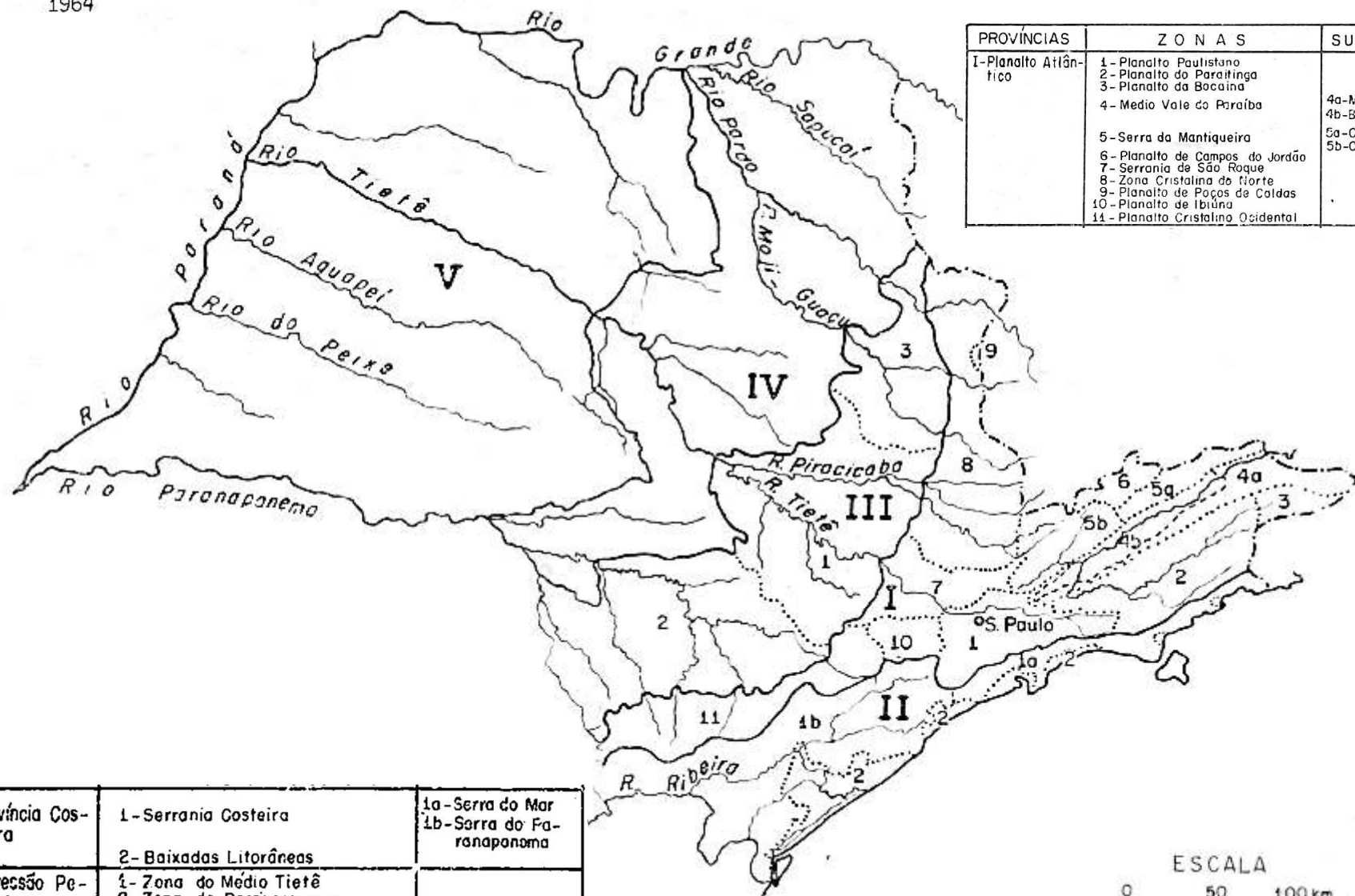
- Depressão de afundamento: o mesmo que bacia de afundamento;
- Depressão de frente de cuesta: área deprimida, em função da erosão na escarpa de natureza sedimentar;
- Depressão fechada: sem saída aparente para as águas. Ex: dolinas em rochas calcárias;
- Depressão periférica: o mesmo que circundesnudação → área deprimida no contato entre os terrenos sedimentares e cristalinos, com forma alongada.

Exercício

Faça correlação entre o **mapa geológico** do Estado de SP e os domínios geomorfológicos

DIVISÃO GEOMORFOLÓGICA
DO
ESTADO DE SÃO PAULO

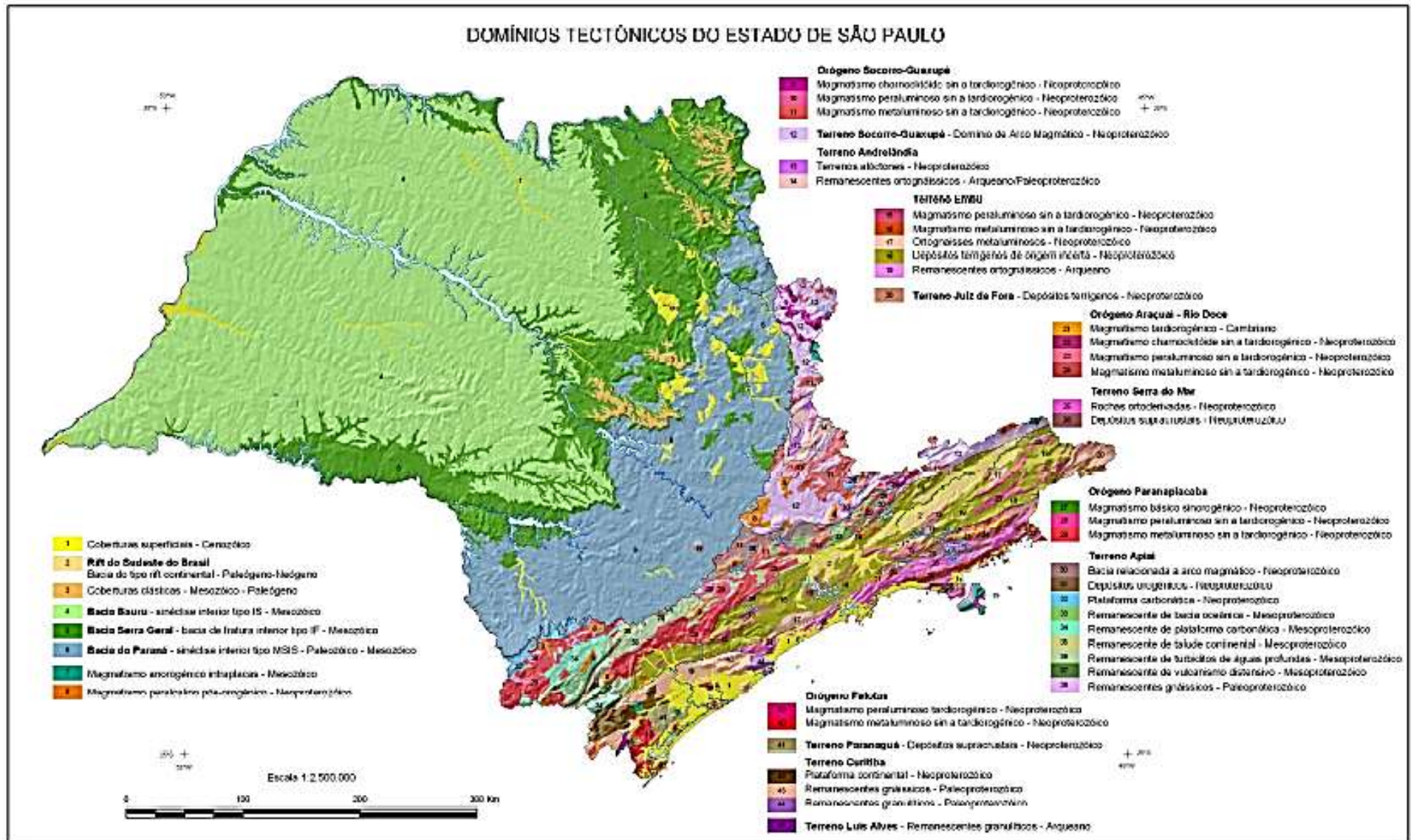
FFM. de Almeida
1964



PROVÍNCIAS	ZONAS	SUBZONAS
I-Planalto Atlântico	1-Planalto Paulistano 2-Planalto do Paraitinga 3-Planalto da Bocaina 4-Medio Vale da Paraíba 5-Serra da Mantiqueira 6-Planalto de Campos do Jordão 7-Serrania de São Roque 8-Zona Cristalina do Norte 9-Planalto de Poços de Caldas 10-Planalto de Ibiúna 11-Planalto Cristalina Ocidental	4a-Morros Cristalino 4b-Bacia de Taubaté 5a-Oriental 5b-Occidental

II-Província Costeira	1-Serrania Costeira 2-Baixadas Litorâneas	1a-Serra do Mar 1b-Serra do Parapanema
III-Depressão Periférica	1-Zona do Médio Tietê 2-Zona do Parapanema 3-Zona do Moggi-Guaçu	
IV-Costas Basálticas		
V-Planalto Ocidental		

DOMÍNIOS TECTÔNICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO



PROJEÇÃO UTM
 Datum: Spheroid
 Datum: Spheroid
 Datum: Spheroid
 Datum: Spheroid
CGPM
 Datum: Spheroid

LEGENDA

1	Área de Proteção Ambiental
2	Área de Preservação Ambiental
3	Área de Relevância Especial
4	Área de Interesse Ambiental
5	Área de Proteção Ambiental
6	Área de Preservação Ambiental
7	Área de Relevância Especial
8	Área de Interesse Ambiental
9	Área de Proteção Ambiental
10	Área de Preservação Ambiental
11	Área de Relevância Especial
12	Área de Interesse Ambiental
13	Área de Proteção Ambiental
14	Área de Preservação Ambiental
15	Área de Relevância Especial
16	Área de Interesse Ambiental
17	Área de Proteção Ambiental
18	Área de Preservação Ambiental
19	Área de Relevância Especial
20	Área de Interesse Ambiental
21	Área de Proteção Ambiental
22	Área de Preservação Ambiental
23	Área de Relevância Especial
24	Área de Interesse Ambiental
25	Área de Proteção Ambiental
26	Área de Preservação Ambiental
27	Área de Relevância Especial
28	Área de Interesse Ambiental
29	Área de Proteção Ambiental
30	Área de Preservação Ambiental
31	Área de Relevância Especial
32	Área de Interesse Ambiental
33	Área de Proteção Ambiental
34	Área de Preservação Ambiental
35	Área de Relevância Especial
36	Área de Interesse Ambiental
37	Área de Proteção Ambiental
38	Área de Preservação Ambiental
39	Área de Relevância Especial
40	Área de Interesse Ambiental
41	Área de Proteção Ambiental
42	Área de Preservação Ambiental
43	Área de Relevância Especial
44	Área de Interesse Ambiental
45	Área de Proteção Ambiental
46	Área de Preservação Ambiental
47	Área de Relevância Especial
48	Área de Interesse Ambiental
49	Área de Proteção Ambiental
50	Área de Preservação Ambiental
51	Área de Relevância Especial
52	Área de Interesse Ambiental
53	Área de Proteção Ambiental
54	Área de Preservação Ambiental
55	Área de Relevância Especial
56	Área de Interesse Ambiental
57	Área de Proteção Ambiental
58	Área de Preservação Ambiental
59	Área de Relevância Especial
60	Área de Interesse Ambiental
61	Área de Proteção Ambiental
62	Área de Preservação Ambiental
63	Área de Relevância Especial
64	Área de Interesse Ambiental
65	Área de Proteção Ambiental
66	Área de Preservação Ambiental
67	Área de Relevância Especial
68	Área de Interesse Ambiental
69	Área de Proteção Ambiental
70	Área de Preservação Ambiental
71	Área de Relevância Especial
72	Área de Interesse Ambiental
73	Área de Proteção Ambiental
74	Área de Preservação Ambiental
75	Área de Relevância Especial
76	Área de Interesse Ambiental
77	Área de Proteção Ambiental
78	Área de Preservação Ambiental
79	Área de Relevância Especial
80	Área de Interesse Ambiental
81	Área de Proteção Ambiental
82	Área de Preservação Ambiental
83	Área de Relevância Especial
84	Área de Interesse Ambiental
85	Área de Proteção Ambiental
86	Área de Preservação Ambiental
87	Área de Relevância Especial
88	Área de Interesse Ambiental
89	Área de Proteção Ambiental
90	Área de Preservação Ambiental
91	Área de Relevância Especial
92	Área de Interesse Ambiental
93	Área de Proteção Ambiental
94	Área de Preservação Ambiental
95	Área de Relevância Especial
96	Área de Interesse Ambiental
97	Área de Proteção Ambiental
98	Área de Preservação Ambiental
99	Área de Relevância Especial
100	Área de Interesse Ambiental



1. OBJETIVO
 Este trabalho tem como objetivo principal a elaboração de um mapa de zoneamento ambiental do Estado de São Paulo, visando a identificação das áreas de proteção ambiental e a definição das regras de uso e ocupação do solo para essas áreas.

2. METODOLOGIA
 O trabalho foi desenvolvido através de uma metodologia que envolveu a coleta de dados, o processamento dos dados, a análise dos dados e a elaboração do mapa.

3. RESULTADOS
 O resultado do trabalho é um mapa de zoneamento ambiental do Estado de São Paulo, que mostra as áreas de proteção ambiental e as regras de uso e ocupação do solo para essas áreas.

4. CONCLUSÃO
 O trabalho concluiu-se com a elaboração de um mapa de zoneamento ambiental do Estado de São Paulo, que será utilizado para a gestão ambiental do Estado.



Convenções Cartográficas

- Rodovia
- Ferrovias
- Hidrografia
- Limites Municipais

Classificação dos solos

- Solos de Planície
- Solos de Encosta
- Solos de Montanha
- Solos de Tabuleiro
- Solos de Planície Aluvial
- Solos de Planície Costeira
- Solos de Planície Interoceânica
- Solos de Planície Litorânea
- Solos de Planície Marítima
- Solos de Planície Oceânica
- Solos de Planície Suboceânica
- Solos de Planície Sublitorânea
- Solos de Planície Submarina
- Solos de Planície Subterránea
- Solos de Planície Superficial
- Solos de Planície Profunda
- Solos de Planície Superficial Profunda
- Solos de Planície Profunda Superficial
- Solos de Planície Superficial Profunda Superficial
- Solos de Planície Profunda Superficial Profunda
- Solos de Planície Superficial Profunda Superficial Profunda

Convenções de Bases de Dados

1	Área de Proteção Ambiental
2	Área de Preservação Ambiental
3	Área de Relevância Especial
4	Área de Interesse Ambiental
5	Área de Proteção Ambiental
6	Área de Preservação Ambiental
7	Área de Relevância Especial
8	Área de Interesse Ambiental
9	Área de Proteção Ambiental
10	Área de Preservação Ambiental
11	Área de Relevância Especial
12	Área de Interesse Ambiental
13	Área de Proteção Ambiental
14	Área de Preservação Ambiental
15	Área de Relevância Especial
16	Área de Interesse Ambiental
17	Área de Proteção Ambiental
18	Área de Preservação Ambiental
19	Área de Relevância Especial
20	Área de Interesse Ambiental
21	Área de Proteção Ambiental
22	Área de Preservação Ambiental
23	Área de Relevância Especial
24	Área de Interesse Ambiental
25	Área de Proteção Ambiental
26	Área de Preservação Ambiental
27	Área de Relevância Especial
28	Área de Interesse Ambiental
29	Área de Proteção Ambiental
30	Área de Preservação Ambiental
31	Área de Relevância Especial
32	Área de Interesse Ambiental
33	Área de Proteção Ambiental
34	Área de Preservação Ambiental
35	Área de Relevância Especial
36	Área de Interesse Ambiental
37	Área de Proteção Ambiental
38	Área de Preservação Ambiental
39	Área de Relevância Especial
40	Área de Interesse Ambiental
41	Área de Proteção Ambiental
42	Área de Preservação Ambiental
43	Área de Relevância Especial
44	Área de Interesse Ambiental
45	Área de Proteção Ambiental
46	Área de Preservação Ambiental
47	Área de Relevância Especial
48	Área de Interesse Ambiental
49	Área de Proteção Ambiental
50	Área de Preservação Ambiental
51	Área de Relevância Especial
52	Área de Interesse Ambiental
53	Área de Proteção Ambiental
54	Área de Preservação Ambiental
55	Área de Relevância Especial
56	Área de Interesse Ambiental
57	Área de Proteção Ambiental
58	Área de Preservação Ambiental
59	Área de Relevância Especial
60	Área de Interesse Ambiental
61	Área de Proteção Ambiental
62	Área de Preservação Ambiental
63	Área de Relevância Especial
64	Área de Interesse Ambiental
65	Área de Proteção Ambiental
66	Área de Preservação Ambiental
67	Área de Relevância Especial
68	Área de Interesse Ambiental
69	Área de Proteção Ambiental
70	Área de Preservação Ambiental
71	Área de Relevância Especial
72	Área de Interesse Ambiental
73	Área de Proteção Ambiental
74	Área de Preservação Ambiental
75	Área de Relevância Especial
76	Área de Interesse Ambiental
77	Área de Proteção Ambiental
78	Área de Preservação Ambiental
79	Área de Relevância Especial
80	Área de Interesse Ambiental
81	Área de Proteção Ambiental
82	Área de Preservação Ambiental
83	Área de Relevância Especial
84	Área de Interesse Ambiental
85	Área de Proteção Ambiental
86	Área de Preservação Ambiental
87	Área de Relevância Especial
88	Área de Interesse Ambiental
89	Área de Proteção Ambiental
90	Área de Preservação Ambiental
91	Área de Relevância Especial
92	Área de Interesse Ambiental
93	Área de Proteção Ambiental
94	Área de Preservação Ambiental
95	Área de Relevância Especial
96	Área de Interesse Ambiental
97	Área de Proteção Ambiental
98	Área de Preservação Ambiental
99	Área de Relevância Especial
100	Área de Interesse Ambiental

As curvas de nível do SRTM30

1	0-20
2	20-40
3	40-60
4	60-80
5	80-100
6	100-120
7	120-140
8	140-160
9	160-180
10	180-200
11	200-220
12	220-240
13	240-260
14	260-280
15	280-300
16	300-320
17	320-340
18	340-360
19	360-380
20	380-400
21	400-420
22	420-440
23	440-460
24	460-480
25	480-500
26	500-520
27	520-540
28	540-560
29	560-580
30	580-600
31	600-620
32	620-640
33	640-660
34	660-680
35	680-700
36	700-720
37	720-740
38	740-760
39	760-780
40	780-800
41	800-820
42	820-840
43	840-860
44	860-880
45	880-900
46	900-920
47	920-940
48	940-960
49	960-980
50	980-1000

COORDENADOR GERAL DO PROJETO
 Prof. Dr. Roberto de Sá
 Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo
 Av. Trabalhador São-Carlense, 400 - São Carlos - SP - 13506-900
 Fone: (51) 3309-1234 - Fax: (51) 3309-1235
 E-mail: roberto@ig.usp.br

COORDENADOR DE PROJETO
 Prof. Dr. Roberto de Sá
 Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo
 Av. Trabalhador São-Carlense, 400 - São Carlos - SP - 13506-900
 Fone: (51) 3309-1234 - Fax: (51) 3309-1235
 E-mail: roberto@ig.usp.br

COORDENADOR DE PROJETO
 Prof. Dr. Roberto de Sá
 Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo
 Av. Trabalhador São-Carlense, 400 - São Carlos - SP - 13506-900
 Fone: (51) 3309-1234 - Fax: (51) 3309-1235
 E-mail: roberto@ig.usp.br

COORDENADOR DE PROJETO
 Prof. Dr. Roberto de Sá
 Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo
 Av. Trabalhador São-Carlense, 400 - São Carlos - SP - 13506-900
 Fone: (51) 3309-1234 - Fax: (51) 3309-1235
 E-mail: roberto@ig.usp.br