

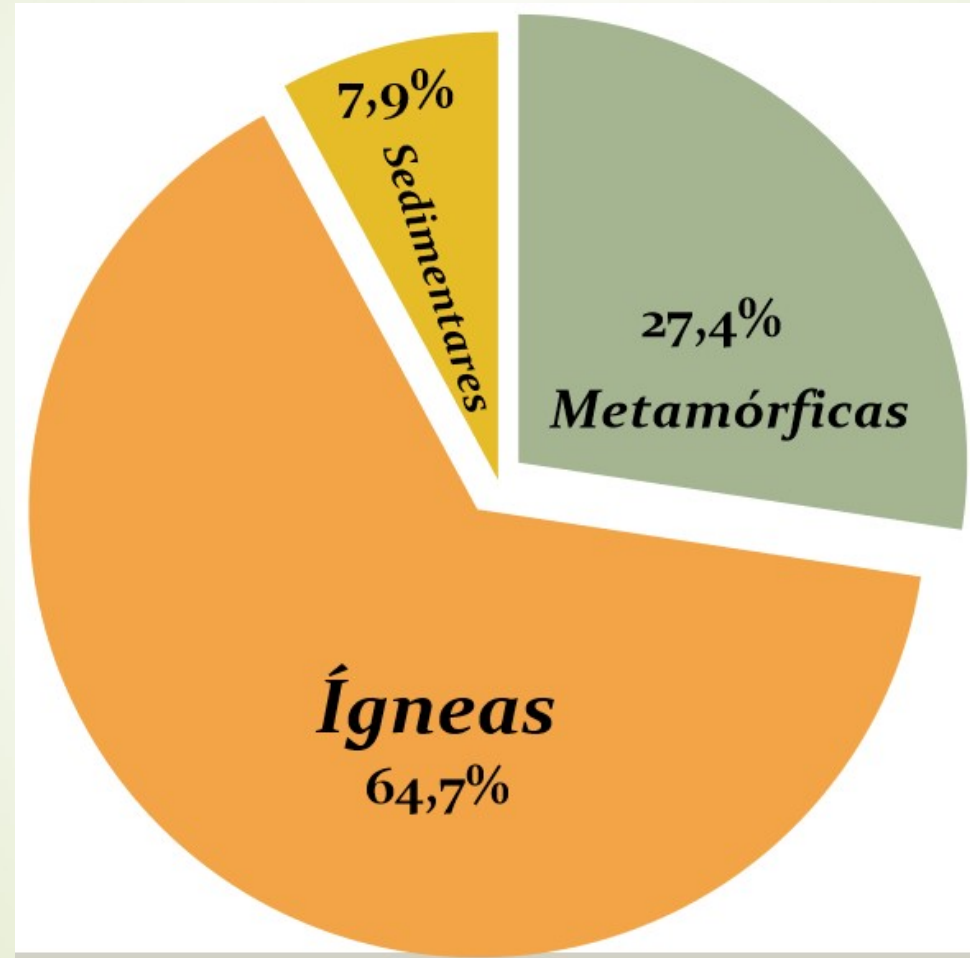


Materiais Sedimentares (Sedimentos e Rochas)

0440100 – Geologia Geral – Sistema Terra

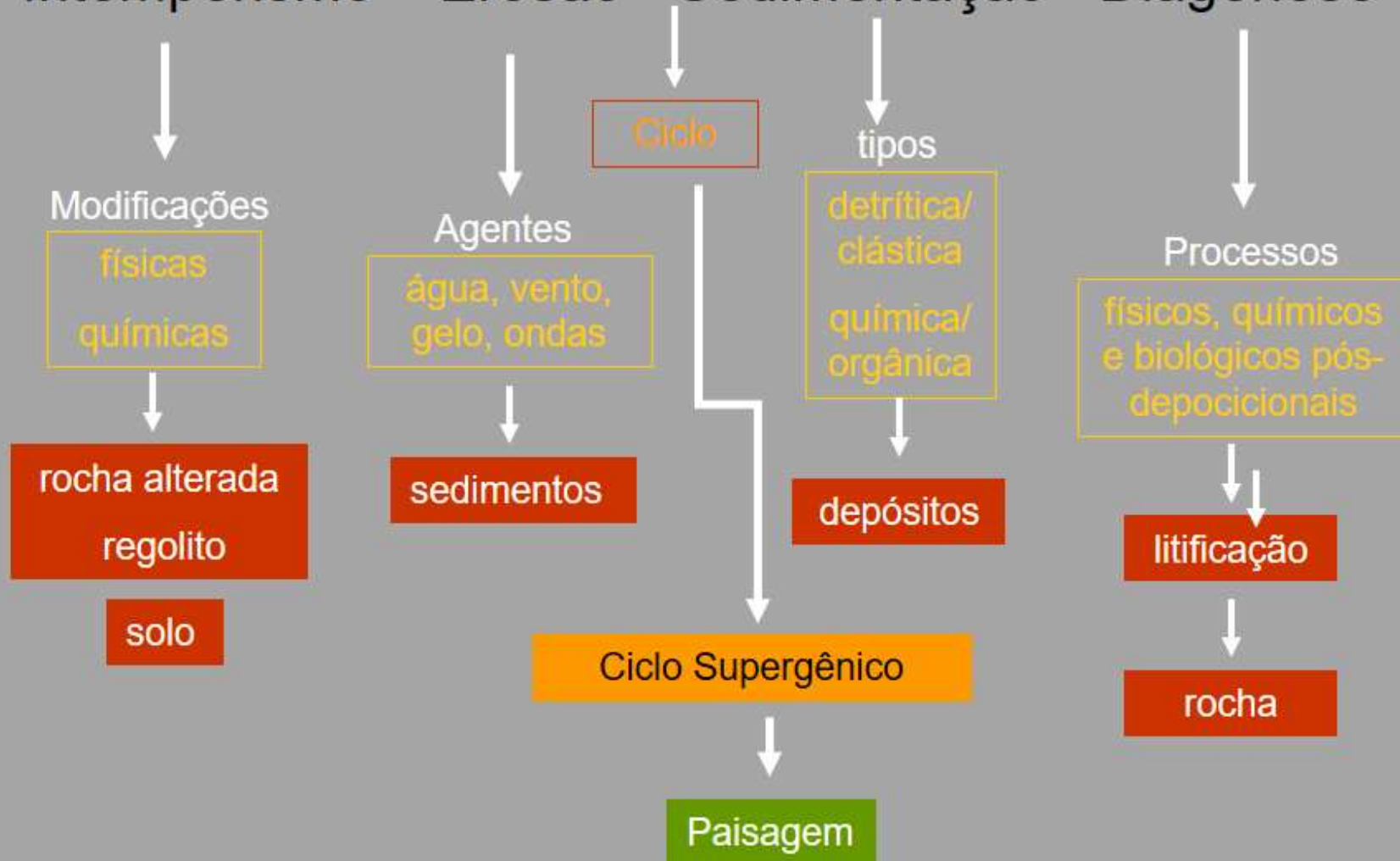
15/06/2021

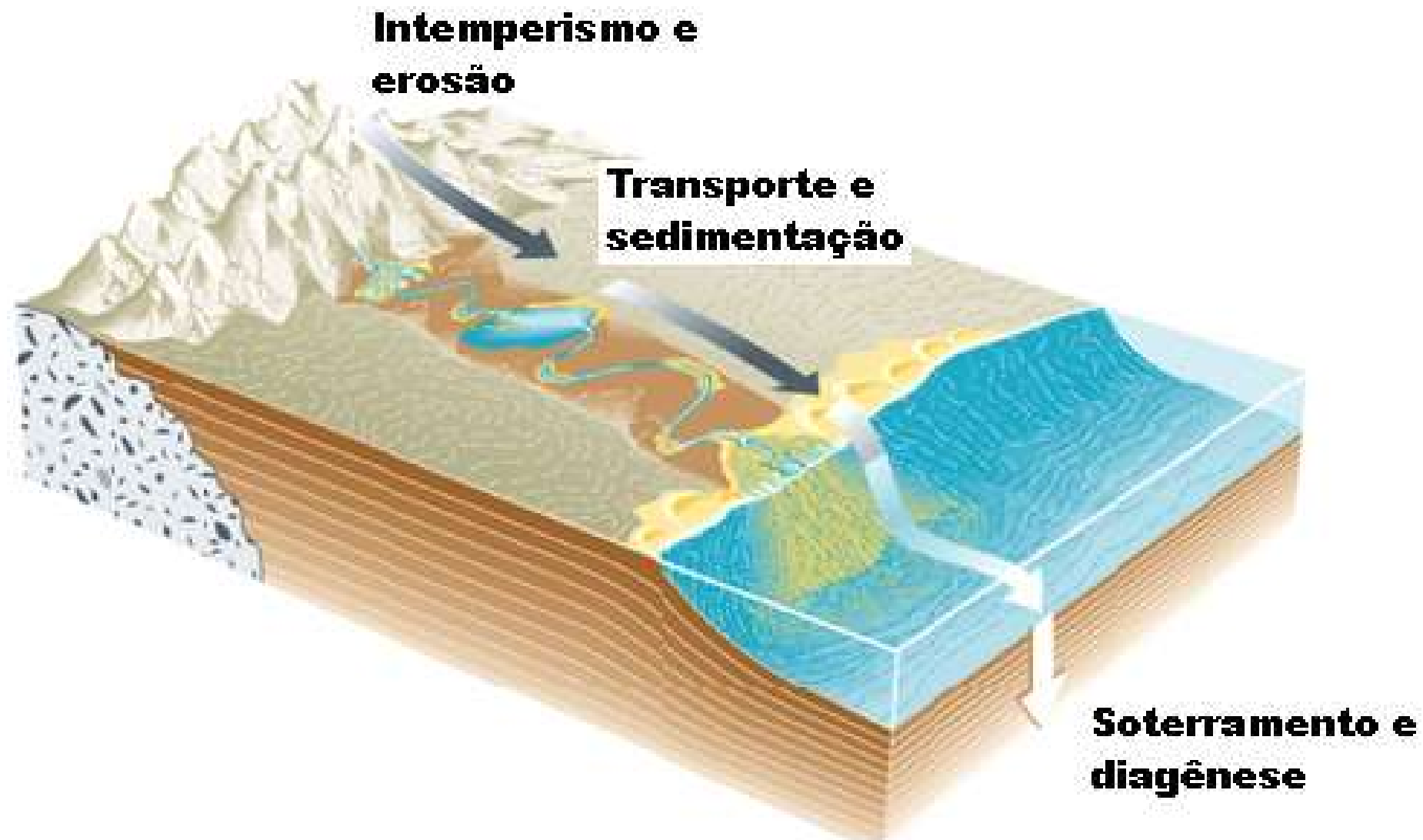
Três Grupos de Rochas



Dinâmica Externa

Intemperismo – Erosão - Sedimentação - Diagênese





➤ Materiais sedimentares: sedimentos e rochas sedimentares

- O processo de intemperismo forma sedimentos?
- Qual a diferença entre sedimento e rocha sedimentar?
- **Definição:**
- Sedis (latim) = assento, deposição
- Sedimento: Material sólido que se deposita, que se depositou ou que é passível de se depositar.

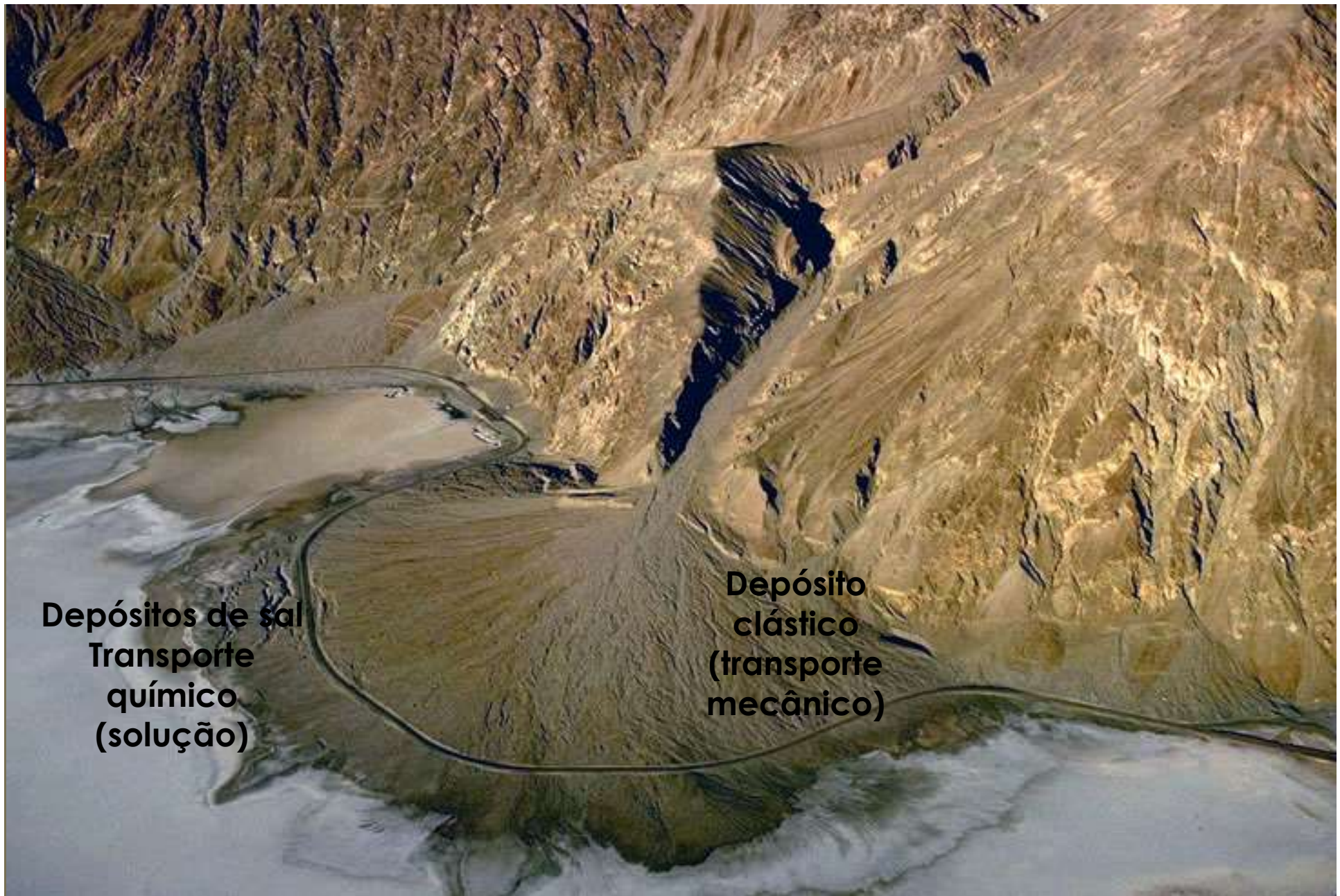
- O intemperismo não forma sedimentos, mas produz partículas, fragmentos e novos minerais que podem gerar os sedimentos, se houver erosão e transporte.
- **SEDIMENTO:** partículas e íons que sofrem transporte e deposição nos vários ambiente da superfície terrestre.

Sedimentos

- Íons: precipitados em condições físico-químicas favoráveis em bacias sedimentares, após terem sido transportadas em suspensão.
- Partículas: quando são removidas de uma rocha intemperizadas e são transportadas em direção a relevos mais baixos pelos agentes de erosão e transporte.

Transporte de Sedimentos

- **Químico** (ou iônico): não há matéria sólida, apenas íons em solução (água)
- **Mecânico**: há matéria sólida, partículas
- **Transporte de grãos livres ou fluxo pouco denso**: os grãos apresentam suficiente liberdade de movimento em um fluido pouco viscoso (água ou ar).
- **Transporte gravitacional ou fluxo denso**: grãos estão muito próximos uns dos outros, e há alta concentração em relação ao fluido (movimentos de massa)



**Depósitos de sal
Transporte
químico
(solução)**

**Depósito
clástico
(transporte
mecânico)**

Depósito associado a Leques Aluviais – Vale da Morte (EAU)

Mecanismos de Transporte

- Fluxo pouco viscoso (grãos livres)
 - Suspensão
 - Saltação
 - Arrasto
 - Rolamento
- Fluxo denso ou gravitacional (movimentos de massa)
 - Rastejamento de solos ou sulifluxão
 - Escorregamentos/deslizamentos
 - Fluxo de detritos, fluxo ou corrida de lama
 - Quedas, tombamentos e rolamentos
 - Subsidência ou colapsos

Fluxo denso ou gravitacional

- Classificados pela taxa de movimento, tipo de material e tipo de movimento

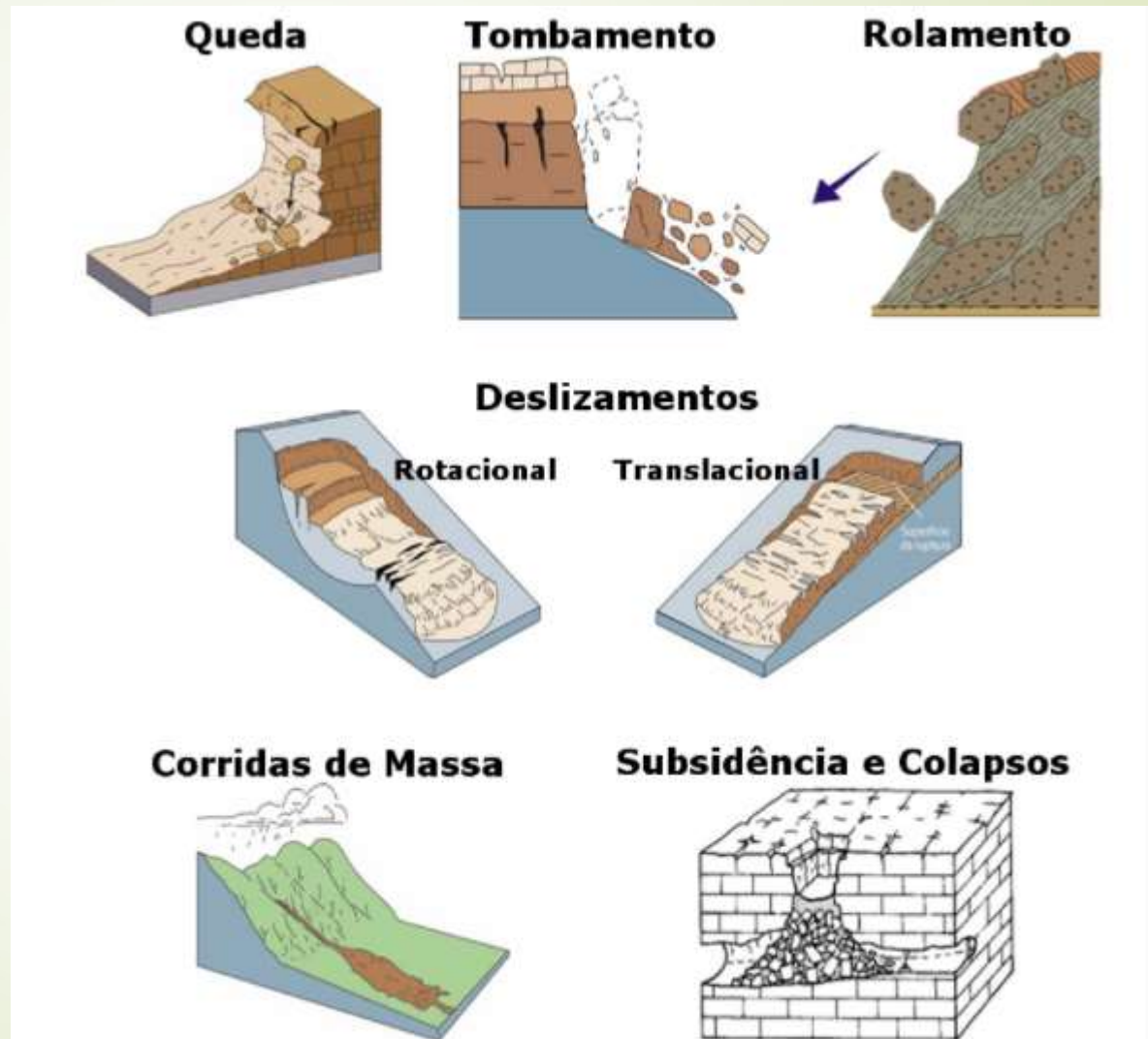


Figura 1. Principais tipos de movimentos de massa. Fonte: Compilada e adaptada de: (iv), <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09g.html> e <http://www.aegweb.org/?page=LandSubsidence>

Fluxo denso ou gravitacional

- **Deslizamento/Escurregamento**
- Solos e rochas se movem ao longo de uma superfície plana/curvilínea, com velocidade média (m/h) e alta (m/s)
- **Fluxo de detritos e de lama**
- Ocorre quando o material se comporta como um fluido viscoso, formado por solo, rocha, detritos e água. Acompanha uma drenagem. Velocidade médias a altas.
- Os **Fluxos de Lama e Detritos**, também chamados **Corridas de Massa**, são movimentos de massa extremamente rápidos e desencadeados por um intenso fluxo de água na superfície, em decorrência de chuvas fortes, que liquefaz o material superficial que escorrega encosta abaixo em forma de um material viscoso composto por lama e detritos rochosos. Esse tipo de movimento de massa se caracteriza por ter extenso raio de ação e alto poder destrutivo.

Vídeo

<https://www.youtube.com/watch?v=0X7JbE0t0Sw>

Vídeo:

[Illgraben 29.05.2017 - Lave torrentielle, Murgang, debris flow- Part 1 minute 0-10 – YouTube](#)

Fluxo pouco viscoso (grãos livres)

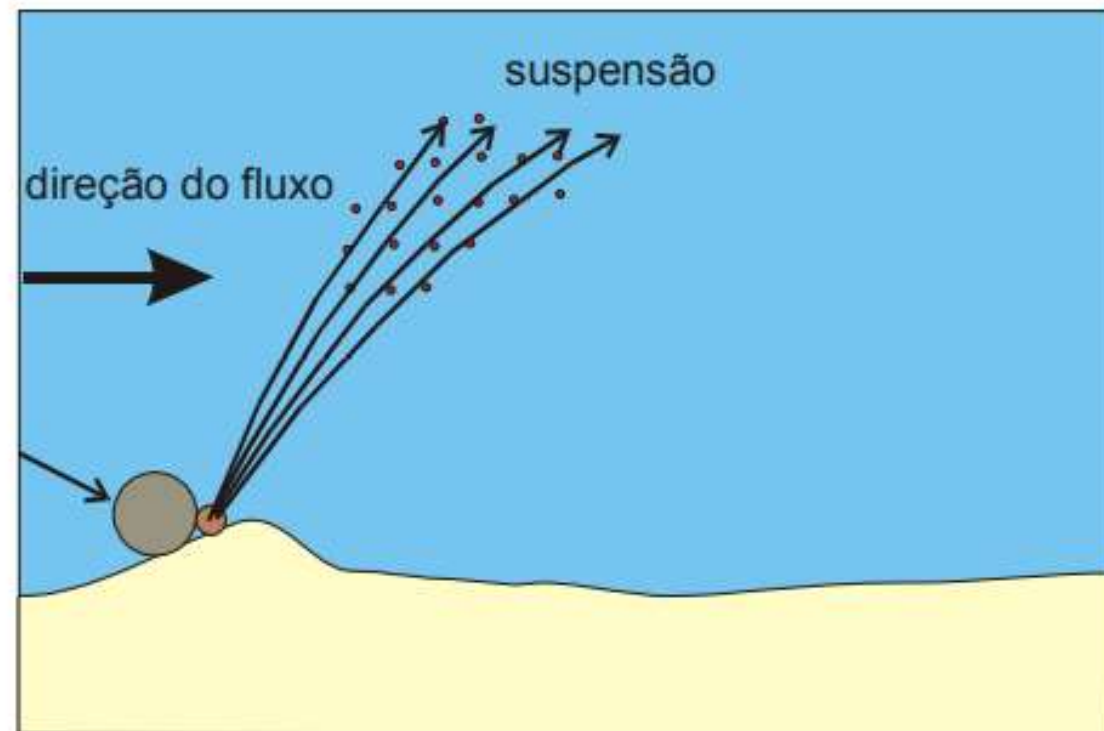
- A gravidade atua sobre o fluido fazendo-o se deslocar declive abaixo
- Comportamento dinâmico do grão
- Forças atuantes + características físicas (densidade, forma tamanho do grão, etc)
- Efeito: separação dos grãos no espaço pela corrente (água ou vento), com a separação entre grãos + leves (menores, - densos, + flutuáveis) e os + pesados (maiores, + densos, - flutuáveis)

Fluxo pouco viscoso (grãos livres)

- Grãos mais pesados demandam maior energia para serem transportados
- Quanto maior o tamanho do grão, maior a energia necessária para colocá-lo em movimento.
- Grãos mais finos – suspensão
- Grãos mais grosso – tração (arraste e rolamento)
- Grãos intermediários - saltação

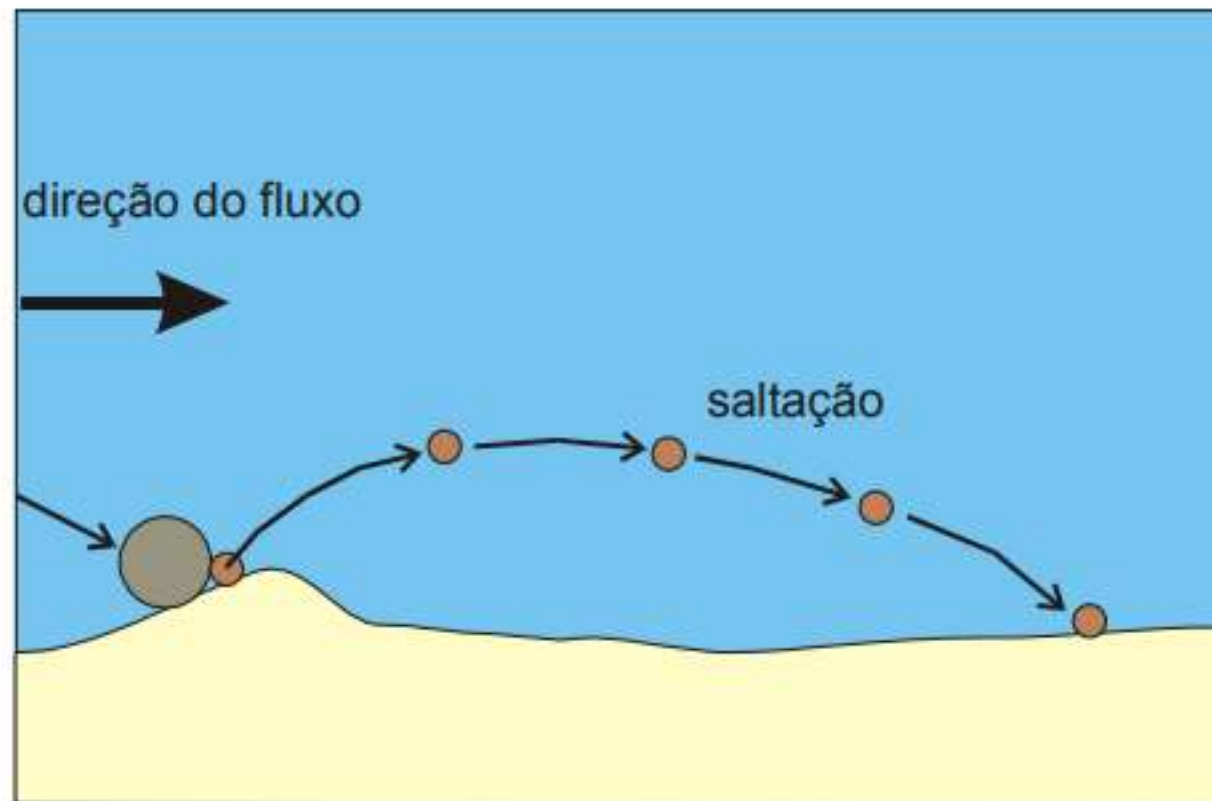
- Suspensão

- Carreamento ou sustentação do grão acima da superfície de deposição.



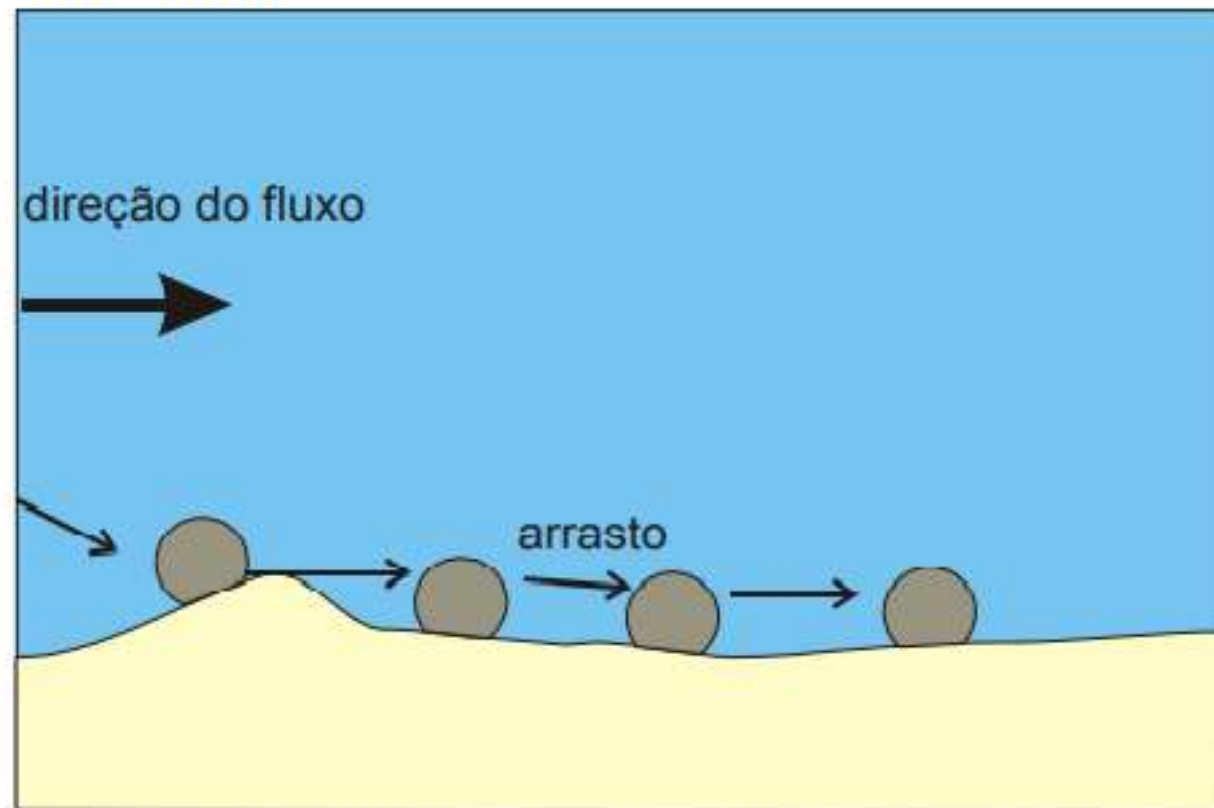
- Saltação

- Grão em suspensão temporária, com trajetória elíptica.



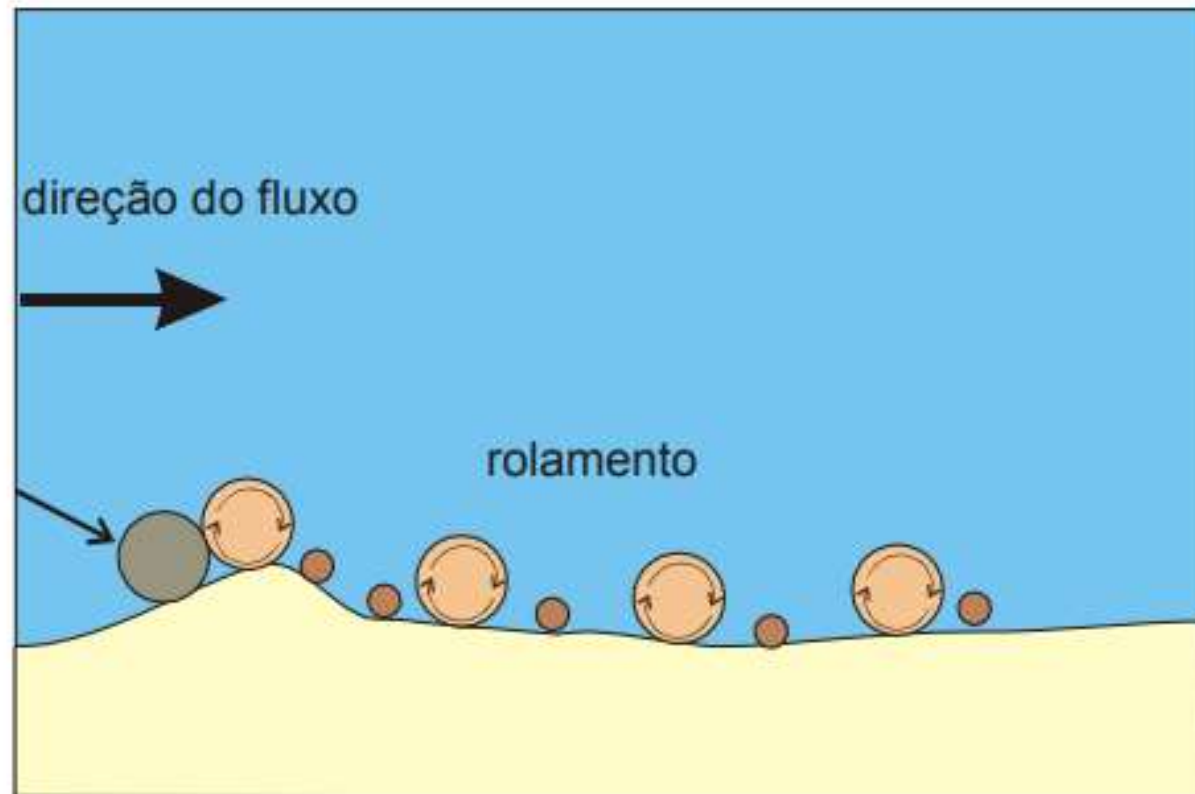
Arrasto

- O grão desloca-se sub-paralelamente e rente à interface sedimento / fluido.

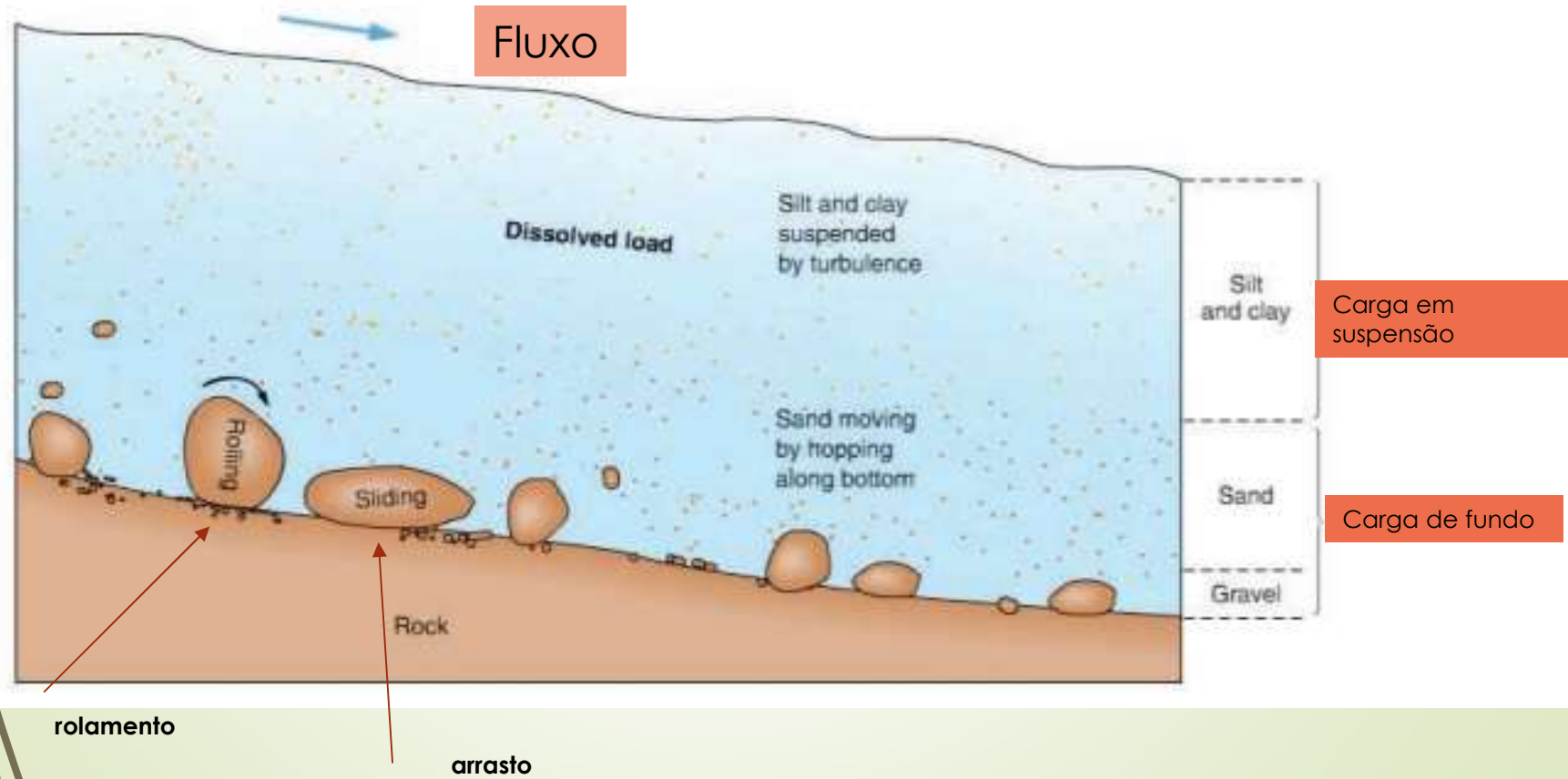


- Rolamento

- O grão rotaciona em torno de um eixo por sobre outros grãos da interface.



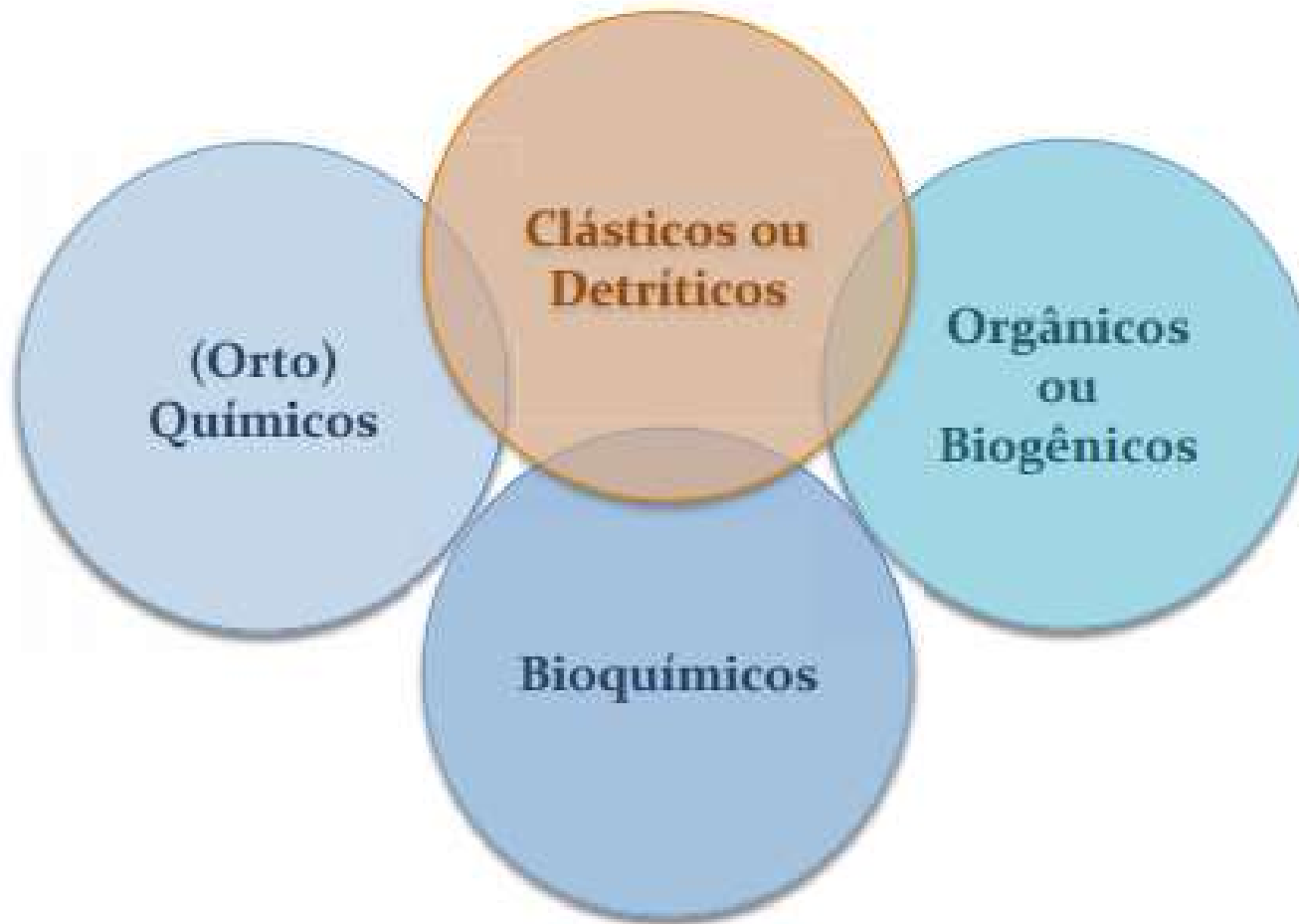
- Transporte por rio



Deposição

- Ocorre quando a energia de transporte diminui, ou as condições são favoráveis para a precipitação química.
- Pressupõe ação da gravidade
- Vento se quieta
- Correntes de água desaceleram
- Bordas das geleiras se fundem
- Supersaturação de elementos químicos

Classificação dos Sedimentos



Classificação dos Sedimentos

- Sedimentos podem ser classificados pela forma como são depositados:
 - Clásticos/Detríticos: partículas ou fragmentos de rochas intemperizadas, erodidos e fisicamente transportados desde a área-fonte até locais de deposição ou na própria bacia de sedimentação (*Clasto: sedimento que experimentou transporte mecânico, tendo sofrido quebra ou não*)
 - Químicos: sofrem precipitação química diretamente das soluções
 - Bioquímicos: precipitados direta ou indiretamente por atividade biológica
 - Biogênicos: constituídos de restos orgânicos (vegetais e animais) soterrados e transformados



Fig. 9.5 Roteiro – fluxograma para classificação geral dos materiais sedimentares a partir da caracterização do transporte.

Fonte: Decifrando a Terra / TEIXEIRA, TOLEDO, FAIRCHILD e TAIOLI - São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

Biografia de um grão



Área-fonte

↓ Gradiente de relevo

↑ INTEMPERISMO

Área-fonte

↑ Gradiente de relevo

↑ EROSÃO/TRANSPORTE

Bacia Sedimentar

↓ Gradiente de relevo

↑ DEPOSIÇÃO

Maturidade do Sedimento



Sedimentos Clásticos



Sedimentos Clásticos

Maturidade dos grãos

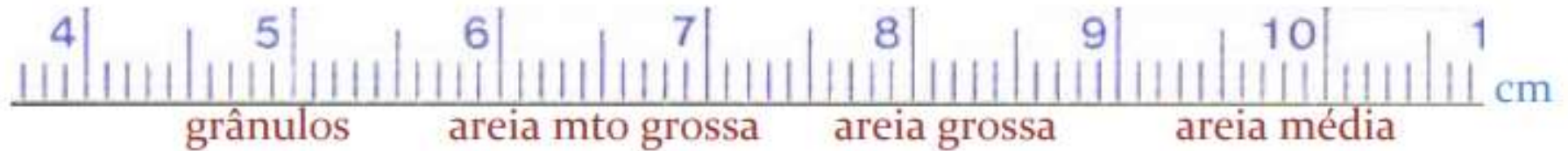
- Dependerá não só do tempo/intensidade de atuação dos agentes intempéricos/transporte, mas também de quão resistente é o mineral.



Textura: Classificação granulométrica

Intervalo granulométrico (mm)	Classificação nominal	
> 256	CASCALHO (gravel)	Matacão
256 – 64		Bloco ou calhau
64 – 4,0		Seixo
4,0 – 2,0		Grânulo
2,0 – 1,0	AREIA (sand)	Areia muito grossa
1,0 – 0,50		Areia grossa
0,50 – 0,250		Areia média
0,250 – 0,125		Areia fina
0,125 – 0,062		Areia muito fina
0,062 – 0,031	SILTE (silt)	Silte grosso
0,031 – 0,016		Silte médio
0,016 – 0,008		Silte fino
0,008 – 0,004		Silte muito fino
< 0,004	ARGILA (clay)	argila

Textura: Classificação granulométrica



4-2 mm



2-1 mm



1-0,5 mm



0,5-0,25 mm

silte e argila



<0,062 mm

areia mto fina



0,125-0,062 mm

areia fina

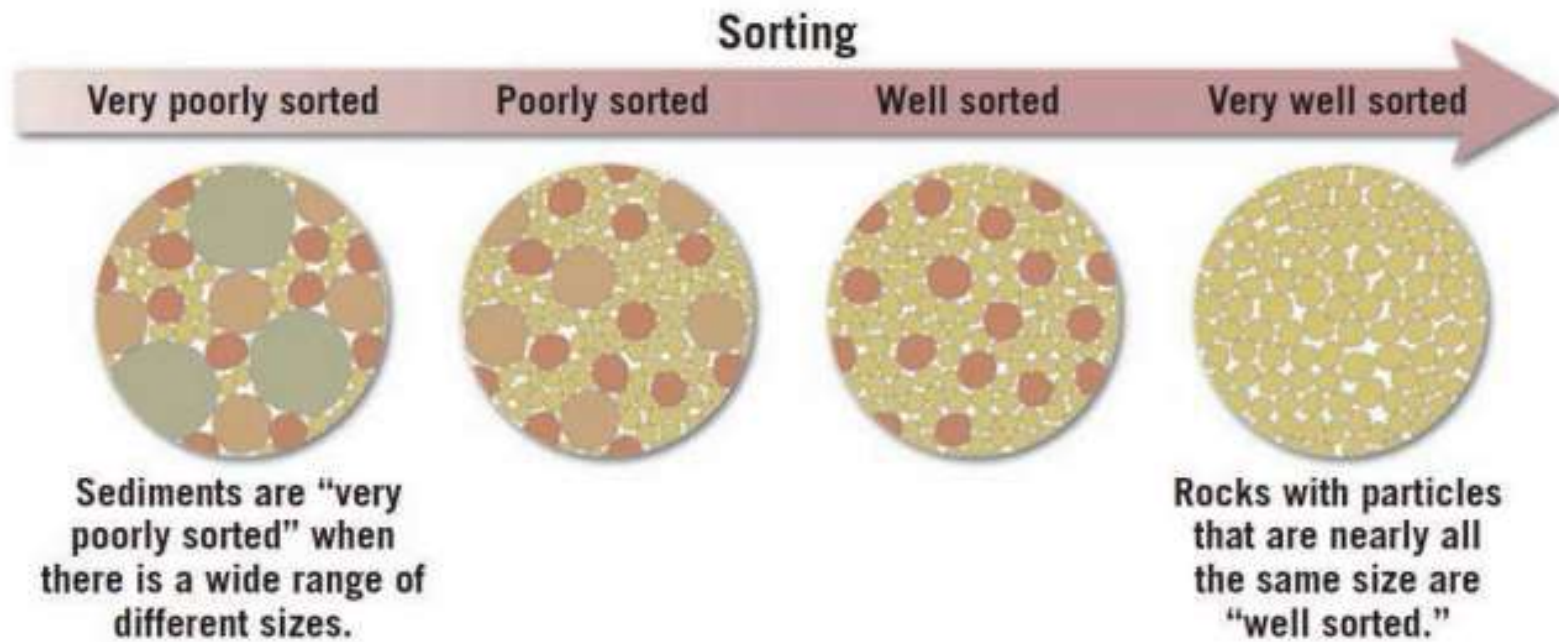


0,25-0,125 mm

Textura: Seleção granulométrica



Textura: Seleção granulométrica





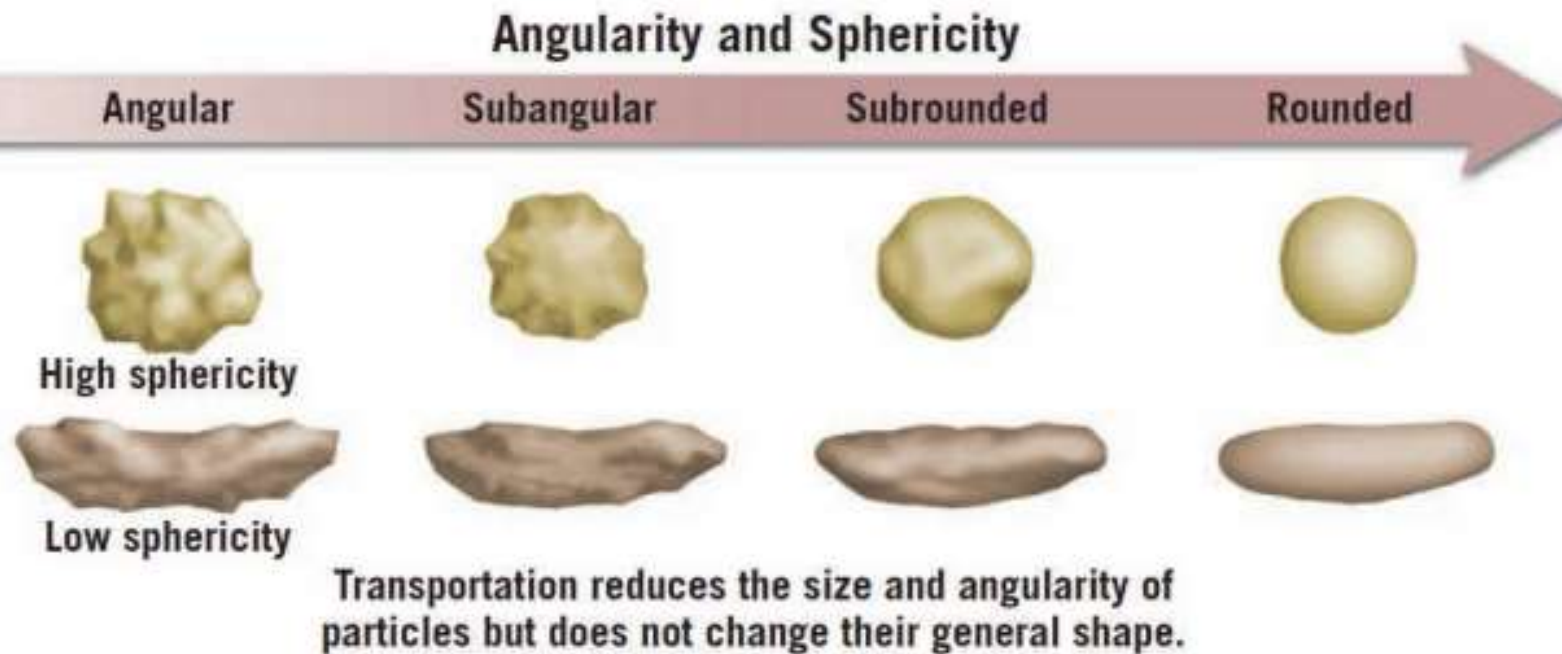
Os efeitos físicos no transporte afetam a textura do sedimento da seguinte forma:

Arredondamento: medida de angularidade das partículas. Diz-se: grãos bem arredondado a mal arredondado.

Esfericidade: é quanto a partícula é circular e arredondada.

Assim, a seleção, arredondamento, esfericidade irá aumentar com tempo e eficiência de transporte.

Textura: Arredondamento e esfericidade

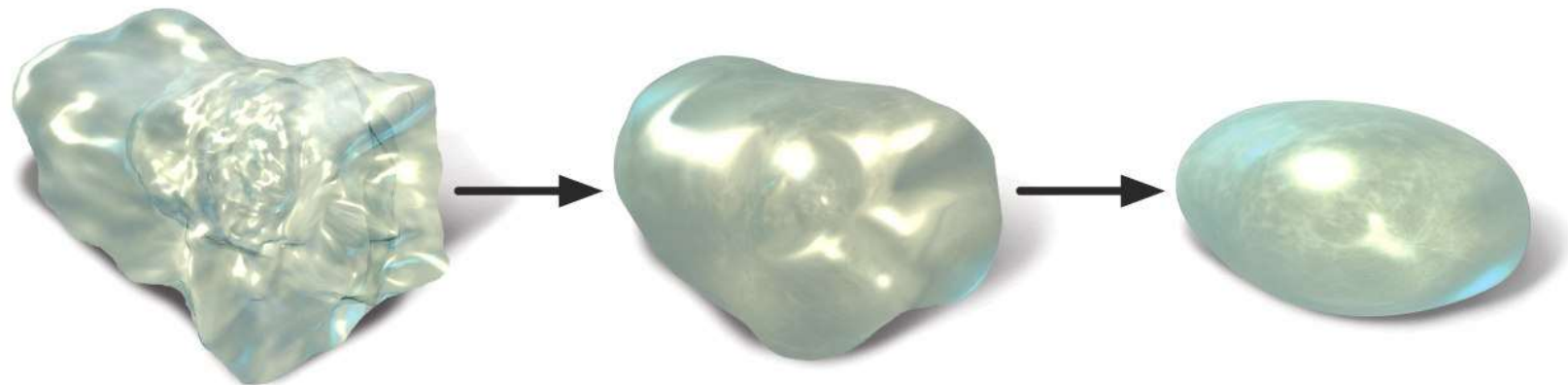
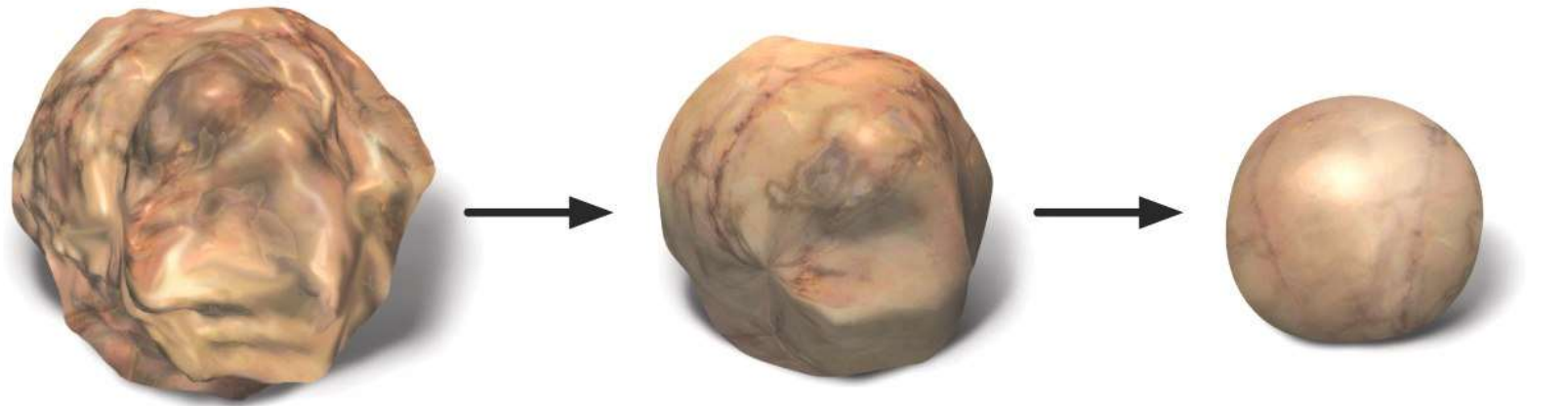


Distance of transport

Short

Moderate













Long



Larger,
more angular

Smaller,
more rounded

Textura: Arredondamento e esfericidade

	Bem arredondado	Arredondado	Sub-arredondado	Sub-anguloso	Anguloso	Muito anguloso
Baixa esfericidade						
Alta esfericidade						



- Atividade: Observando os grãos



https://colecões.igc.usp.br/colecao/areias?view_mode=masonry&perpage=24&paged=1&order=DESC&orderby=date&fetch_only=thumbnail%2Ccreation_date%2Ctitle%2Cdescription&fetch_only_meta=

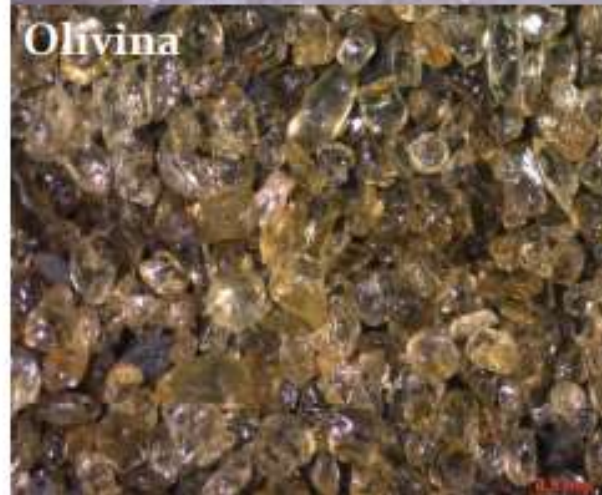
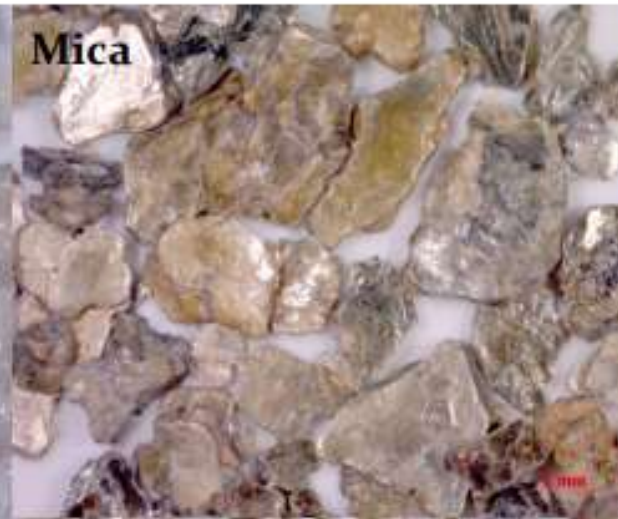
- Encontre exemplos de:
- Areia grossa
- Grãos arredondados; grãos angulosos
- Bioclastos – conchas

Sedimentos Vulcanoclásticos

Compostas em parte ou inteiramente por fragmentos vulcânicos



Sedimentos Clásticos/Terrígenos



Sedimentos Químicos



Travertino



Espeleotemas

Sedimentos Químicos



Evaporitos

Sedimentos Bioquímicos - Corais



Sedimentos Bioquímicos - Estromatólitos



Sedimentos Bioquímicos - Bioclastos

Gastrópodes



Espinhos de ouriço do mar



Gastrópodes/bivalves



Briozoários



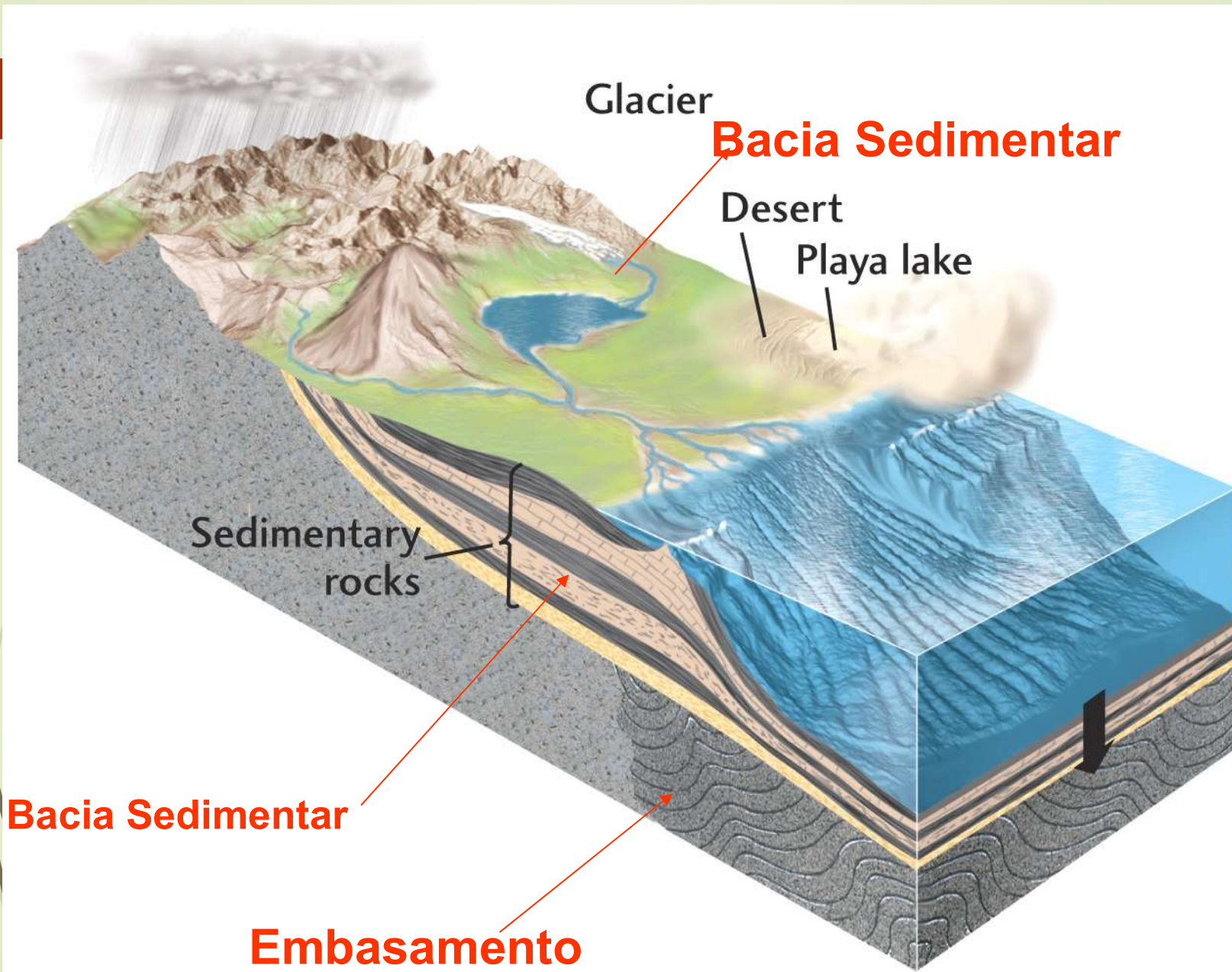
Transformando sedimentos em rochas...

- Uma vez depositado, o sedimento responde às condições de um novo ambiente, o de **soterramento**.
- Conjunto de transformações que o depósito sedimentar sofre após sua deposição em resposta a estas novas condições físicas (T, P) e químicas (pH, Eh, pressão da água) = diagênese
- Processos de transformação = mudanças no arranjo dos grãos e dissoluções/reprecipitações a partir das soluções aquosas existentes nos poros.
- Litificação: endurecimento de sedimentos moles e transformação em rocha. Resultado da evolução de processos diagenéticos.



DEPOSIÇÃO

- Os sedimentos depositam-se em **bacias de deposição** (continentais, litorâneas ou marinhas).
- Nelas, os sedimentos são acumulados em pacotes sedimentares de **depósitos clásticos**, podendo também haver contribuição de **depósitos químicos** (carbonatos e haletos precipitados na água) e de **origem orgânica** (acumulação de conchas e restos duros de organismos).



LITIFICAÇÃO (DIAGÊNESE)


- Estes processos convertem um *sedimento* (clástico, químico ou biogênico) em rocha sedimentar.
- Os processos associados são de **tipo físico** (compactação) e de **tipo químico** (transformação dos minerais depositados, recristalizações, depósito de cimento químico nos poros).



ROCHAS SEDIMENTARES

- São rochas resultantes da consolidação de material desagregado, derivado de rochas preexistentes, acumulado em camadas (clásticas, químicas e biogênicas).





Compactação: reduz porosidade argilas e lamias perdem mais da metade da água retida, que é maior nas argilas que nos arenitos.

Cimentação: precipitação química de material mineral entre grãos (SiO_2 , CaCO_3 , Fe_2O_3) que solidifica a rocha.

Dissolução: ocorre pelo efeito da percolação de soluções pós-deposicionais

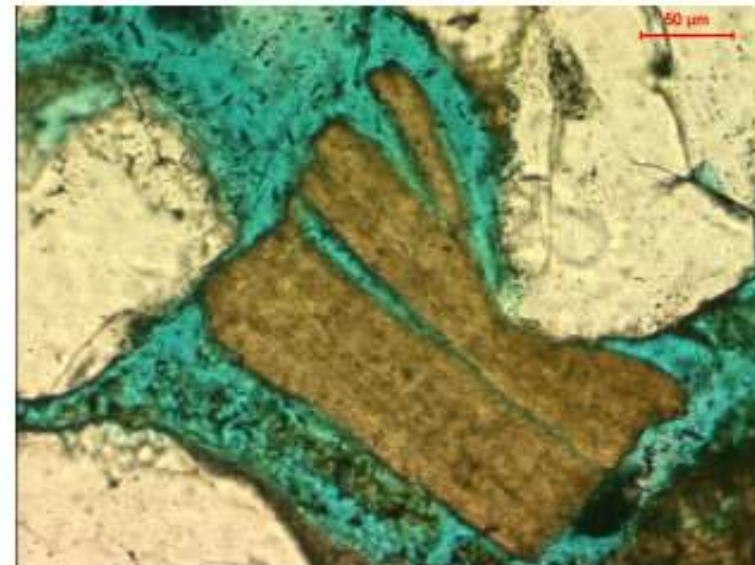
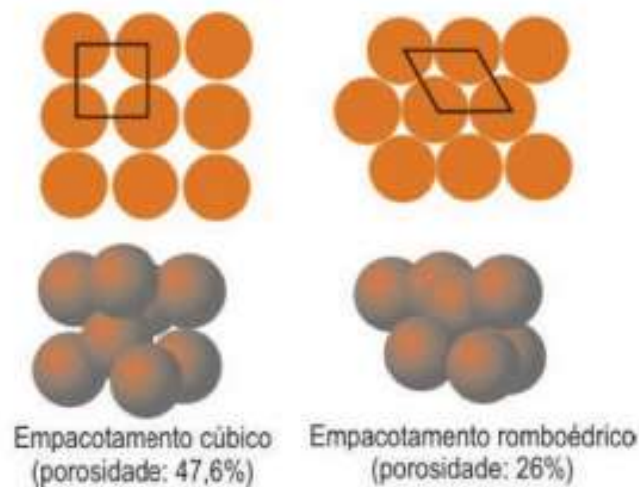
Recristalização: ocorre com aumento de pressão e temperatura após soterramento ($30^\circ\text{C}/\text{km}$ ou $1^\circ\text{C}/33\text{m}$)

Diagênese: Compactação

Sedimentos sofrem pressão exercida pelo peso das camadas depositadas acima. Efeitos observados:

- Mudança no empacotamento entre grãos (diminuição da porosidade)
- Quebra ou deformação de grãos individuais

COMPACTAÇÃO

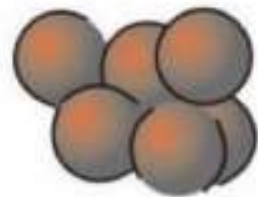
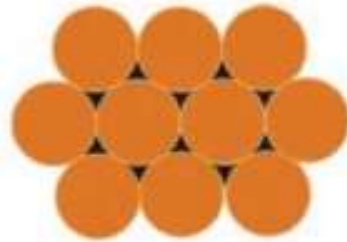


Diagênese: Cimentação

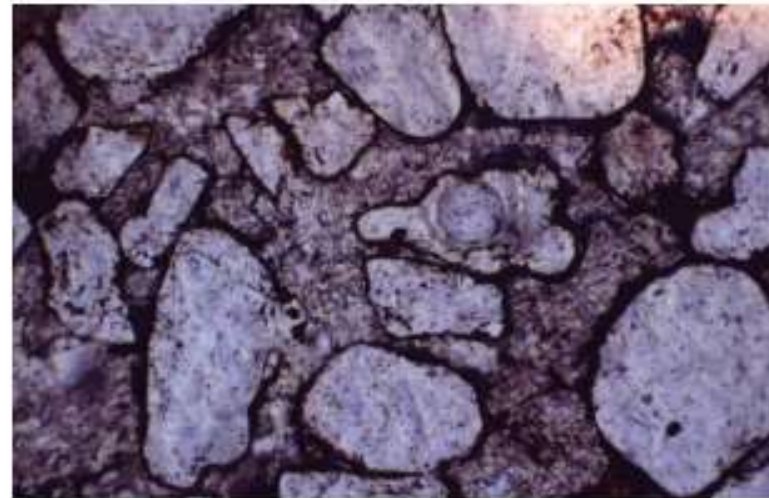
Precipitação química de minerais a partir dos íons em solução na água intersticial em poros dos sedimentos \Rightarrow material que manterá os grãos unidos

Cimentos + comuns: silicosos, carbonáticos, $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ e argilo-minerais.

CIMENTAÇÃO



Cimentação intergranular



Cimentação

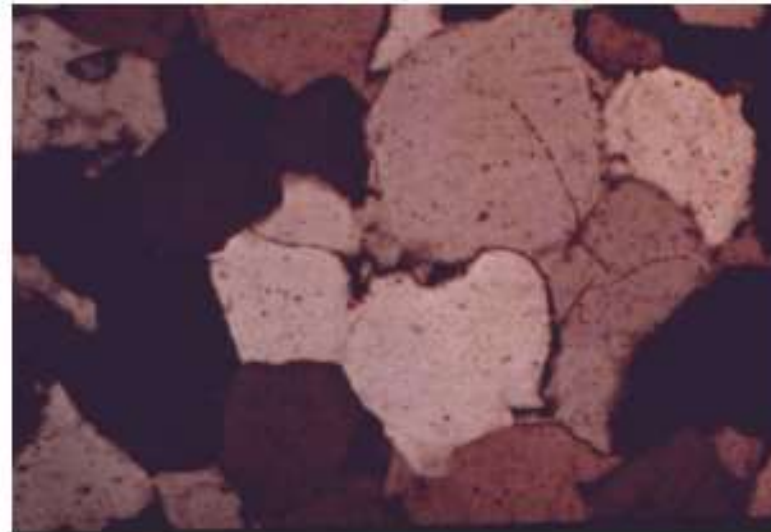
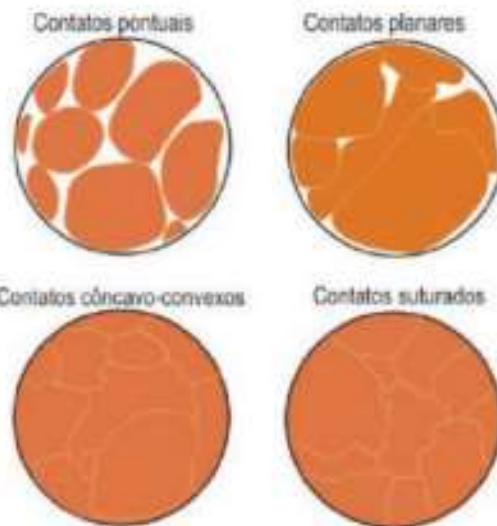


Diagênese: Dissolução

Pode ocorrer sem ou com efeito significativo da pressão de soterramento.

- Pelo efeito da percolação de soluções pós-depositacionais
- Afeta a morfologia do contato entre os grãos

DISSOLUÇÃO



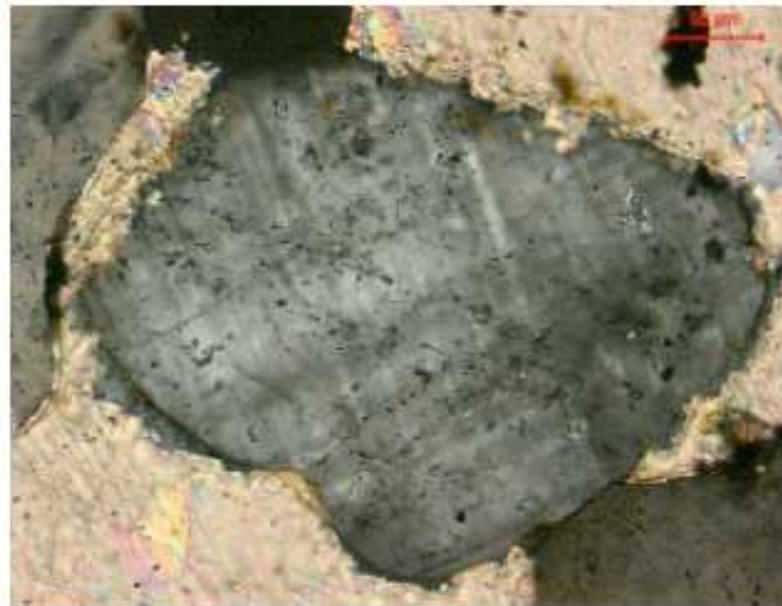
Diagênese: Recristalização

Modificação da mineralogia e textura cristalina de componentes sedimentares pela ação de soluções intersticiais em condições de soterramento.

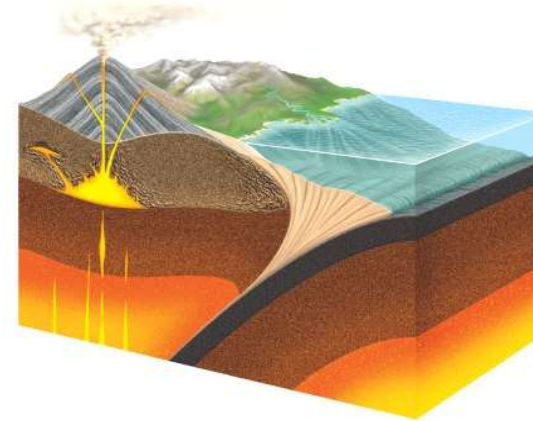
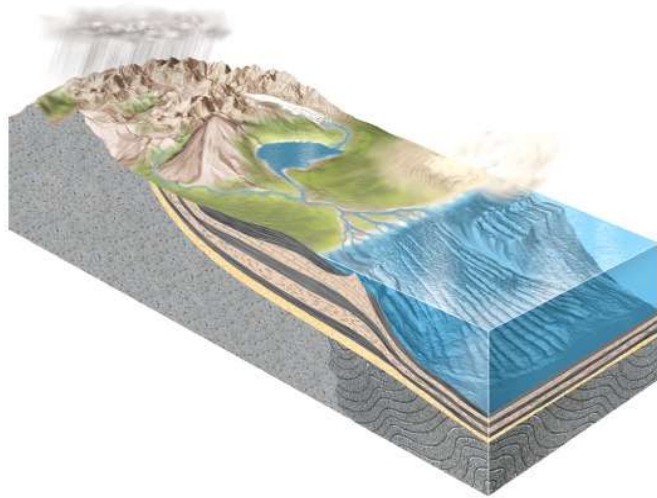
RECRISTALIZAÇÃO



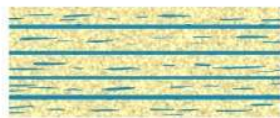
Minerais neoformados



Litificação



Compaction

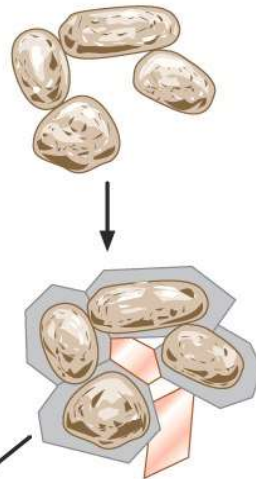


50–60% water

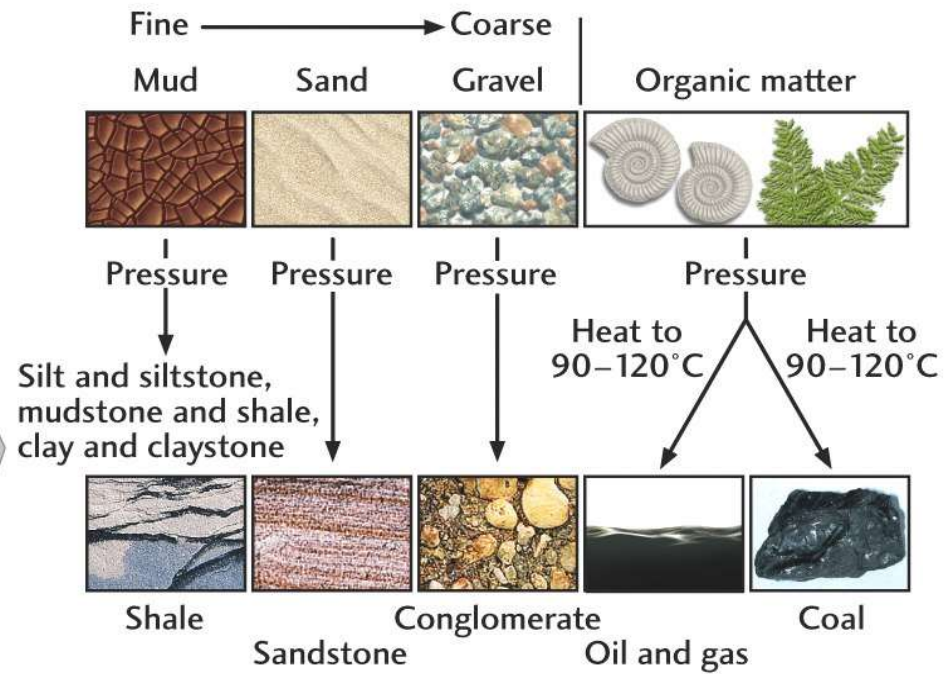


10–20% water

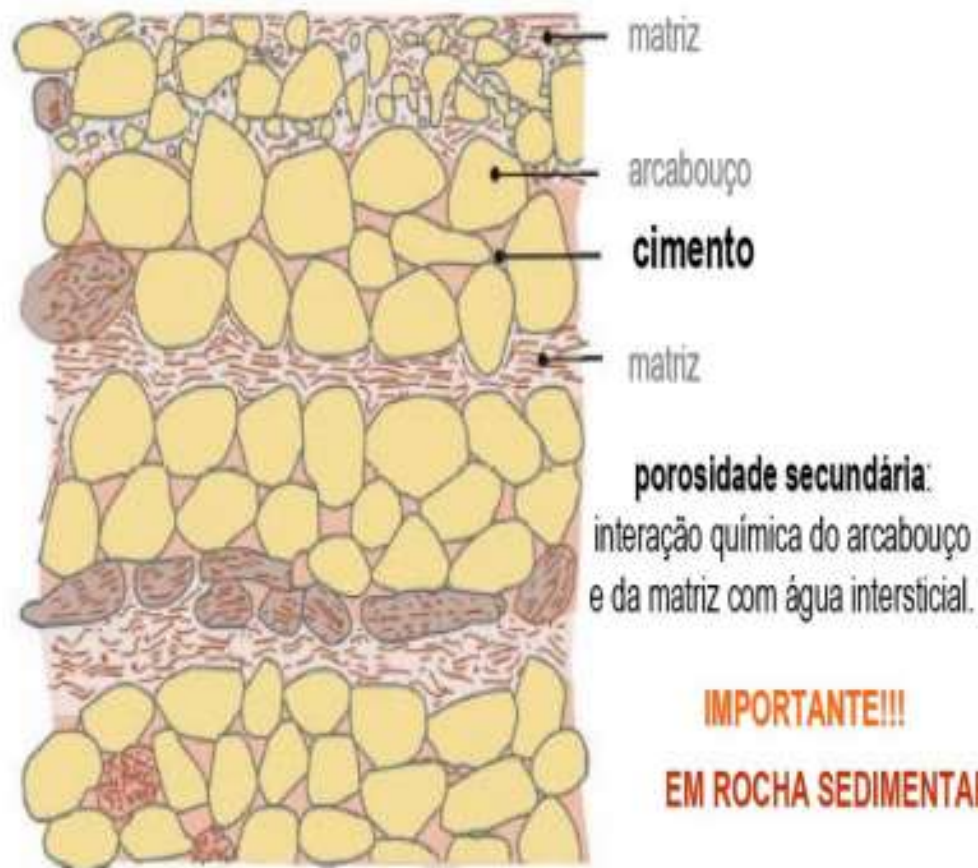
Cementation



Lithification



COMPONENTES DAS ROCHAS SEDIMENTARES



Arcabouço: grãos maiores; na maioria das vezes visíveis à olho nu

Matriz: clastos + finos entre os grãos maiores

Poros

Cimento: minerais precipitados entre os interstícios da rocha durante a diagênese

Rochas sedimentares

- Rochas exógenas: formadas na superfície terrestre
- 5% em volume da crosta terrestre (continental e oceânica) e cobrem 75% de sua superfície
- Diversidade deve-se a:
 - Natureza dos materiais desagregados e intemperizados
 - Tipos de intemperismo
 - Modo de transporte
 - Local de deposição
 - Modalidades do processo de diagênese
- Apresentam estruturas por conta da deposição (estratificações plano-paralelas, cruzadas, etc).

Classificação de rochas sedimentares clásticas (terrígenas)

- Textura: granulação, arredondamento, proporção de matriz
 - Rudito (pséfito), arenito (psamito), lutito (pelito), arenito lutáceo, arenito argiloso, pelito arenáceo, siltito, argilito
 - Conglomerado, brecha
 - Arenitos, *wackes*, ortoconglomerados, paraconglomerados
- Mineralogia: proporção QFL, classificação de Alling
 - Quartzo arenito, arenito feldspático, quartzo rudito, arcósio
 - (Lutáceas classificadas considerando sedimentos terrígenos e químicos)
- Estrutura: arranjo dos grãos → padrão geométrico visível
 - Normalmente estrutura é tratada como feição independente da litologia
 - Exceção: lutáceas (folhelho, ritmito)

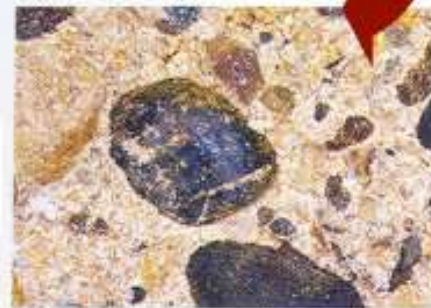
Classificação de rochas sedimentares **clásticas**

Textura (tamanho do grão)	Nome do sedimento	Nome da rocha
Grossa (> 2mm)	Cascalho (fragmentos arredondados)	Conglomerado
	Cascalho (fragmentos angulosos)	Brecha
Média (0,06-2mm)	Areia	Arenito
Fina (0,06-0,004mm)	Lama	Siltito
Muito fina (<0,004mm)	Lama	Folhelho / Argilito

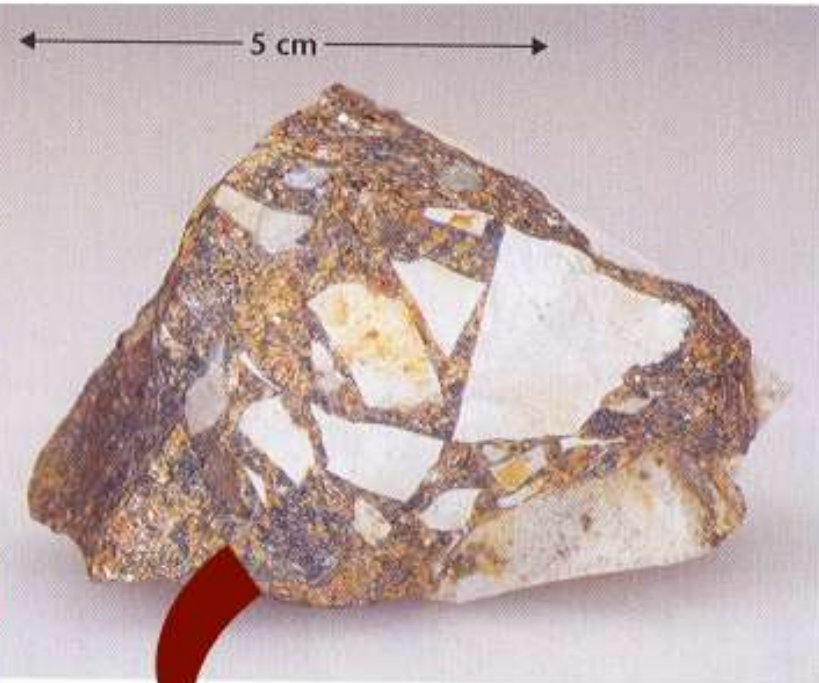
Conglomerado



*Clastos
arredondados*



Brecha



*Clastos
angulosos*



Arenito



Quartzo como mineral mais abundante

Siltito



Argilito



Folhelho



Rochas de granulação muito fina
Classificação pode ser baseada em **estrutura**

Ritmito



Classificação baseada em **estrutura**
Alternância de camadas de granulometrias distintas

Classificação de rochas sedimentares químicas (carbonáticas)

- Textura: granulação, tipo de grão/tipo de matriz
 - Calcirrudito/dolorrudito, calcarenito/doloarenito, calcilutito/dololutito
 - Oosparito/oomicrito, intraesparito/intramicro, bioesparito/biomicro
- Mineralogia: relação calcita/dolomita
 - Calcário, dolomito

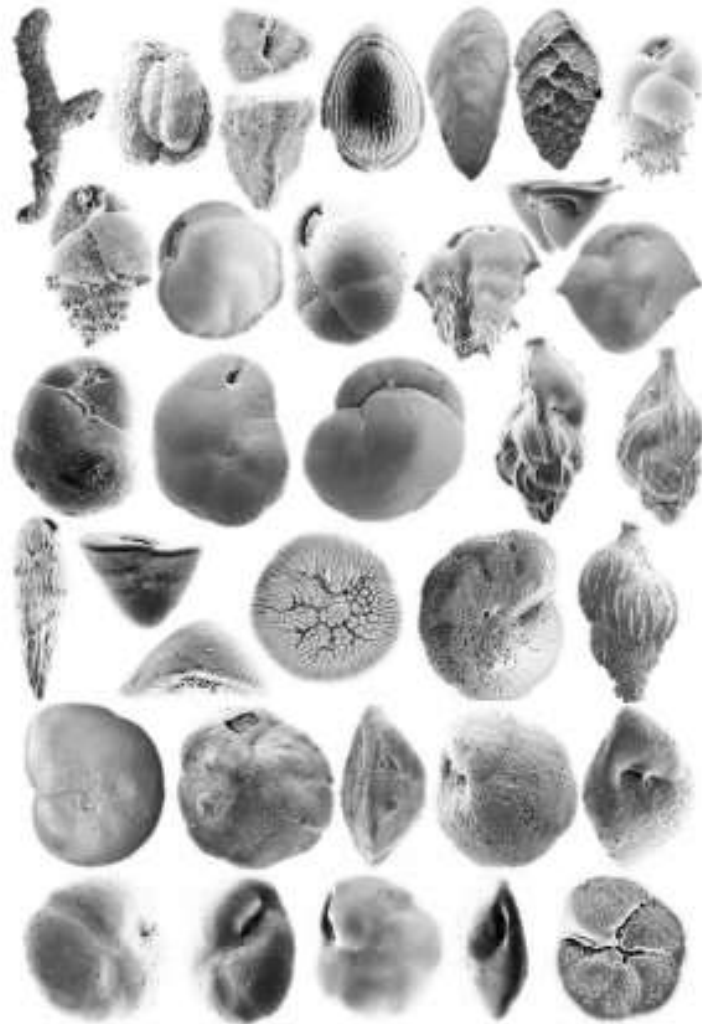
Classificação de rochas sedimentares químicas/bioquímicas/biogênicas

Composição química	Textura (granulação)	Nome da rocha	
Calcita (CaCO ₃)	Cristalina grossa a fina	Calcário cristalino	
		Travertino	
	Conchas visíveis e fragmentos de conchas mal cimentados	Coquina	calcário bioquímico
	Diversos tamanhos de conchas e fragmentos cimentados por calcita	Calcário fossilífero	
Conchas microscópicas e argilas	Calcário branco		
Quartzo	Cristalina muito fina	Silexito (chert)	
Gipso (CaSO ₂ 2H ₂ O)	Cristalina fina a grossa	Gipsita	
Halita (NaCl)	Cristalina fina a grossa	Evaporito	
Fragmentos de vegetais/animais alterados	Matéria orgânica fina	Carvão / turfa / lignito	



Travertino

Calcário branco



< 1 mm





Calcário fossilífero



Coquinas



Chert



0,002 - 0,2 mm



Chert





Evaporito
(Halita)



Close up



Evaporito
Gipsita
(Gesso)




Carvão





Estruturas de Rochas Sedimentares

- MACIÇA: sem orientação.
- ESTRATIFICAÇÃO: planos de acamamento preservados (LAMINAÇÃO, se planos separados por menos de 1 cm).
- ESTRUTURAS DE CRESCIMENTO: em rochas biogênicas, por exemplo, recife.



Estratificação = Acamamento

Esse acamamento que produz estruturas sedimentares é devido a:

- Tamanho da partícula
- Tipo da partícula
- Orientação das partículas segundo espaço e agente de transporte

Estratificação plano-paralela



Estratificação cruzada em arenito

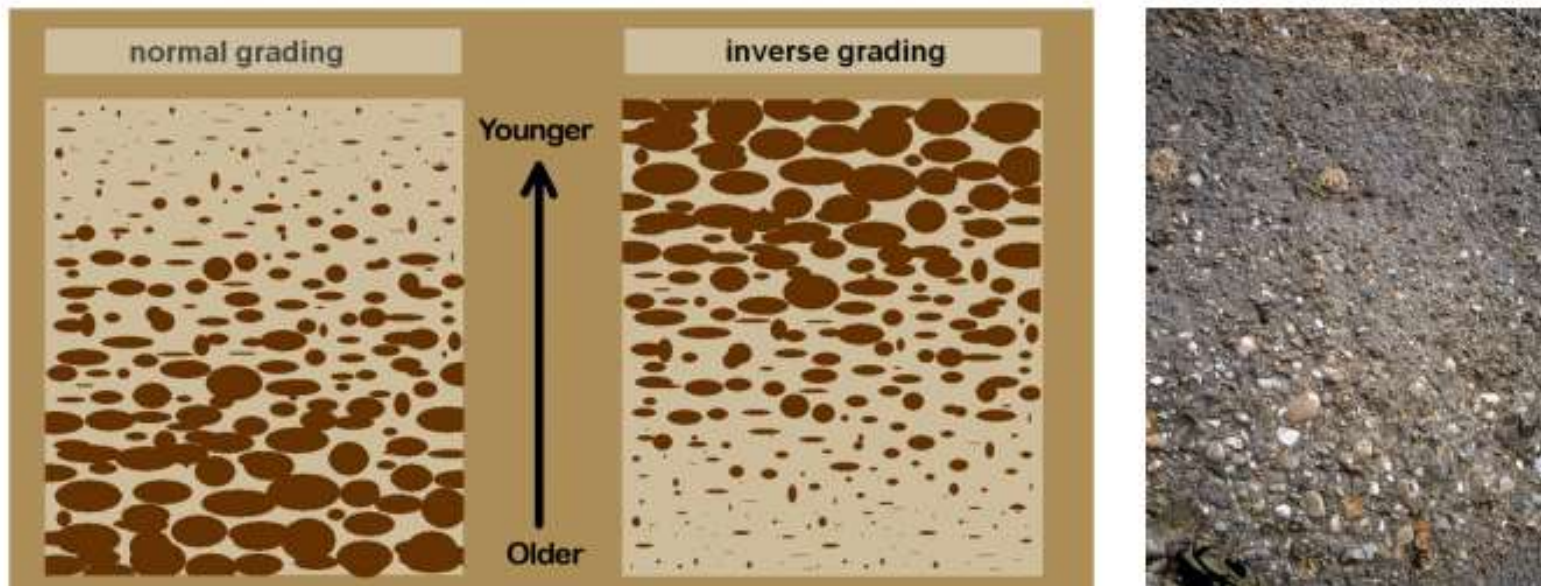


Marcas Onduladas em Sedimento e Rocha



Estratificação gradacional

- Camada caracterizada por uma variação vertical no tamanho dos grãos; gradação da granulometria da base p/ o topo
 - Gradação normal: sedimentos vão ficando + finos da base p/ o topo
 - Gradação inversa: sedimentos vão ficando + grossos da base p/ o topo





Gradação Normal



Gradação Inversa

Gretas de contração



Turboglifos



Bioturbação



Fósseis



A. Petrified wood in Arizona's Petrified Forest National Park



B. This trilobite photo illustrates mold and cast



C. A fossil bee preserved as a thin carbon film



D. Impressions are common fossils and often show considerable detail



E. Spider in amber



F. Coprolite is fossil dung


IMPORTÂNCIA DAS ROCHAS SEDIMENTARES

- Fósseis indicam o meio de vida dos organismos do passado
- Uma associação entre fóssil e ambiente de vida pode ser estabelecida:
 - Samambaia: floresta tropical
 - Dentes de tubarão: litoral e mar profundo
 - Moluscos e ouriços: próximo a praia
 - Vertebrados terrestres, insetos: ambiente terrestre
- A sucessão dos depósitos sedimentares permite reconstituir a evolução dos eventos e paisagens (datação relativa)


IMPORTÂNCIA DAS ROCHAS SEDIMENTARES

- Contêm petróleo, gás natural, carvão, fertilizantes;
- Constituem os principais aquíferos;
- Rochas ornamentais;
- Contêm fósseis (conhecimento da evolução da vida na Terra);
- Estão em relação com a atmosfera e a hidrosfera (ciclo do C);
- Permitem reconstituir a evolução do nosso planeta através de estudos paleogeográficos, paleoclimáticos desde uma escala local até a escala da bacia.

Ambientes químicos para deposição Carbonática



Água clara — longe de grandes rios ou vulcões.
Água quente — subtropical a tropical,
rasa

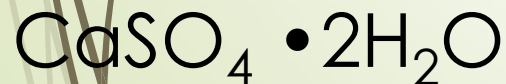


Ambiente para precipitação evaporito:

- Encontrado em áreas bacias de circulação restrita Os minerais se precipitam de acordo com a solubilidade

Gipsita

50% evaporação



Halita

90% evaporação



Rochas Sedimentares e Sedimentos na Construção Civil

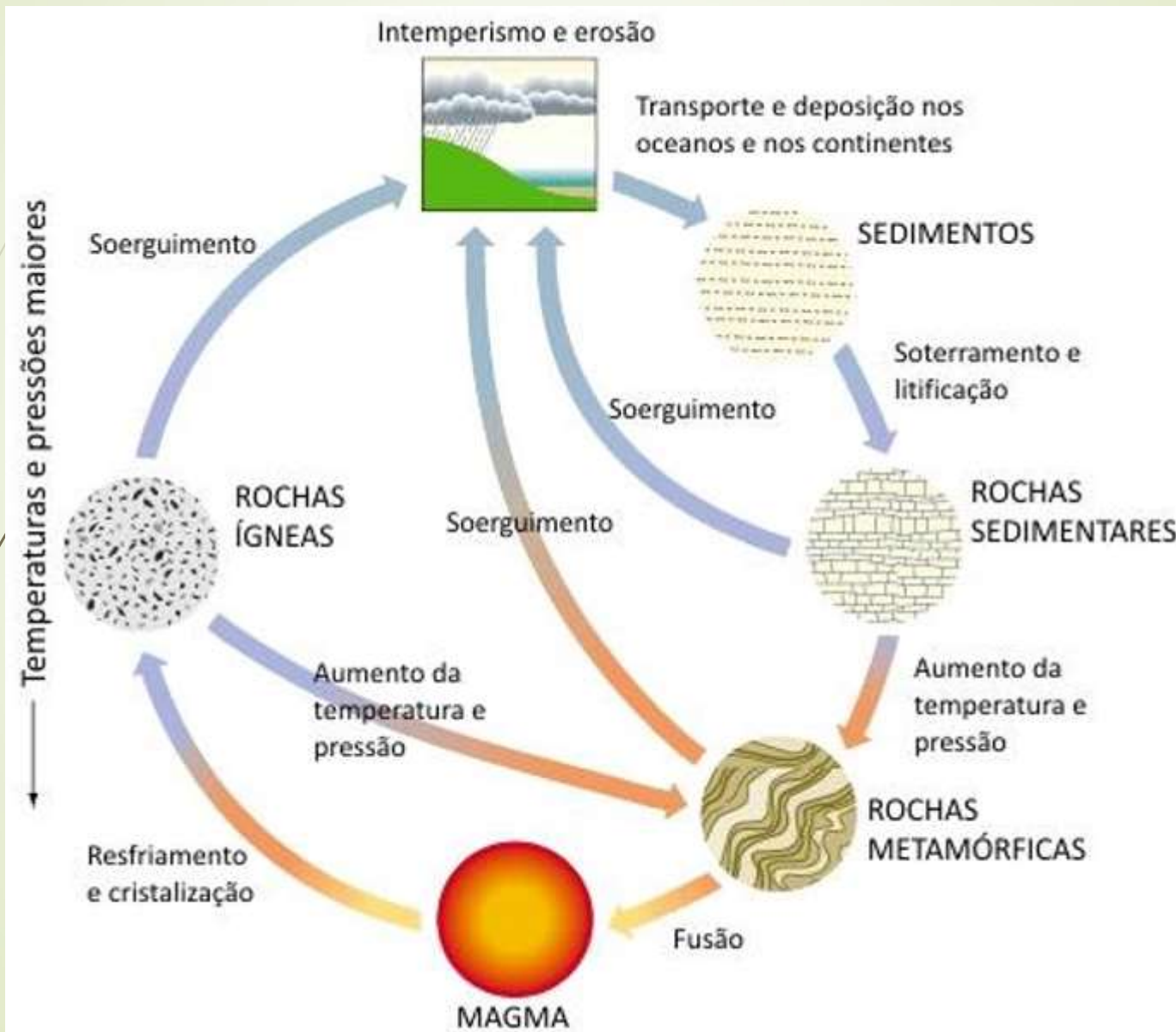
- **Areias e cascalhos:** agregado graúdo e miúdo para concreto.
- **Argilitos, calcários:** matéria prima para a produção de clínquer (concreto) e cal.
- **Solos argilosos:** materiais para aterros e nivelamentos.
- Rochas químicas **evaporíticas:** gipsita (fabricação de gesso).
- **Folhelho e arenito:** pedras de revestimento

Sedimentos e Rochas Sedimentares:

RISCOS AMBIENTAIS

- **Solos, sedimentos e rochas sedimentares finas:** presença de argilas expansivas.
- **Solos, sedimentos e rochas sedimentares variadas:** compactação diferencial (grandes obras) – adernamento de prédios.
- **Materiais sedimentares porosos:** esvaziamento de represas.

O CICLO DAS ROCHAS



BIBLIOGRAFIA

- Gusmão Filho, J.A. 2002. **Solos – da formação geológica ao uso na engenharia**. Editora Universitária – UFPE, 185 p.
- Hamblin, W.K., Christiansen, E.H. 1995. **Earth's dynamic systems**. Prentice Hall, 710 p.
- Oliveira, A.M.S., Brito, S.N.A. (ed.) 1998. **Geologia de Engenharia**. Assoc.Bras.de Geologia e Engenharia.
- Skiner, B., Porter, S.C. 1992. **The dynamic Earth: an introduction to physical geology**, John Wiley & Sons
- Teixeira et al. 2000. **Decifrando a Terra**, Ed. Oficina de Textos, SP, 557 p.
- Winter, J.D. 2001.
<http://www.whitman.edu/geology/winter/>