



Geologia para Engenharia Ambiental

Mariana Consiglio Kasemodel
mariana.kasemodel@usp.br

Superfície da Terra está em constante mudança

Forças endógenas x exógenas



A água é o principal **agente de intemperismo** das rochas da crosta terrestre e de **erosão** dos produtos de intemperismo – contribui para a reciclagem de numerosas substâncias químicas

A água escoando
carregando
sedimentos



Formação de
depósitos de
sedimentos



Rochas sedimentares



Sedimentos

Definição:

- *Sedis* (latim) – assento, deposição
- Sedimento = material sólido que se deposita, que se depositou ou é passível de se depositar

○ intemperismo forma sedimentos?

○ intemperismo não forma sedimentos diretamente, mas desagrega as rochas, gerando partículas ou fragmentos e também novos minerais, que estarão sujeitos a se tornar grãos ou sedimentos se houver erosão

Sedimentos são partículas e íons que sofrem transporte e sedimentação nos vários ambientes da superfície da Terra;

Quando íons e partículas se tornam sedimentos?

- Íons: quando são precipitados em condições físico-químicas favoráveis em **bacias sedimentares**, após terem sido transportados em solução;
- Partículas: quando são removidas de uma rocha intemperizada e são transportadas em direção a relevos mais baixos pelo **agentes de erosão e transporte**



Transporte de sedimentos

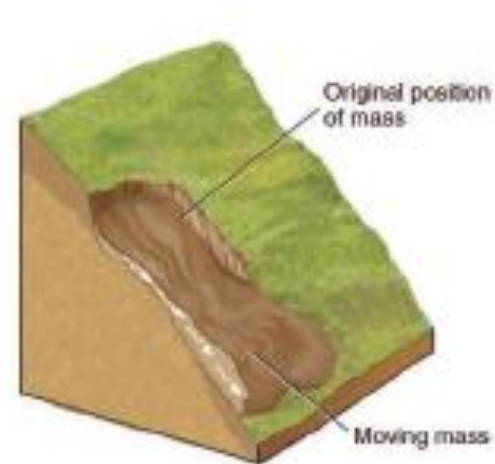
- **Químico (ou iônico):** não há matéria sólida, apenas íons em solução;
- **Mecânico:** há matéria sólida (partículas):
 - **Transporte de grãos livres ou fluxo pouco denso:** os grãos apresentam suficiente liberdade de movimento em um fluido pouco viscoso (água ou ar)
 - **Transporte gravitacional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

Transporte gravitacional ou fluxo denso

Movimentos gravitacionais de massa: Classificados pela taxa de movimento, tipo de material e tipo de movimento

- Fluxo
- Queda
- Deslizamento (linear, côncavo e em cunha)
- Rastejo

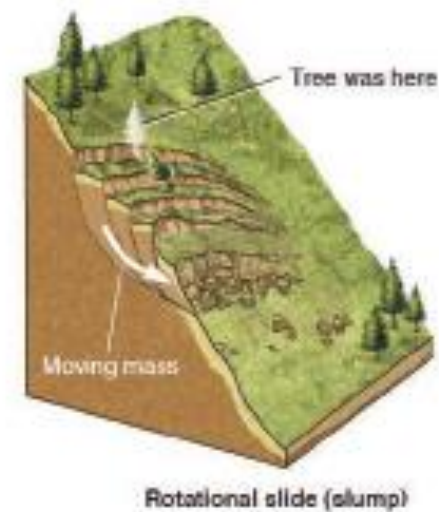
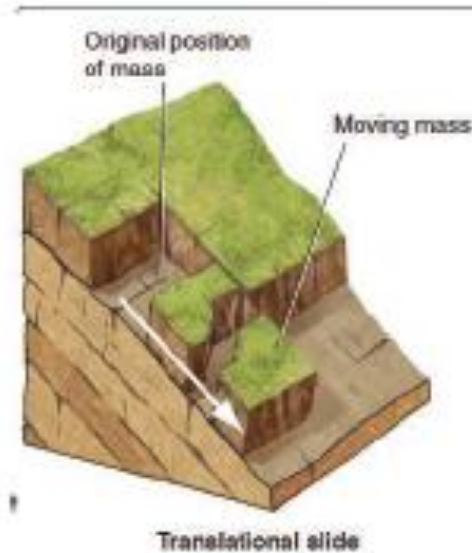
Fluxo



Queda



Deslizamento



Serra do Mar





BR-259



Transporte de grãos livre ou fluxo pouco denso

Processos erosivos - processo de desagregação e remoção de partículas do solo ou de fragmentos e partículas de rochas, pela ação combinada da gravidade com a água, vento, gelo e/ou organismos (plantas e animais) (IPT, 1986)

Destacamento do
material
intemperizado



Transporte



Deposição



O **agente erosivo** é responsável pelo destacamento e transporte dos sedimentos

Águas continentais



Ventos



Mares e oceanos

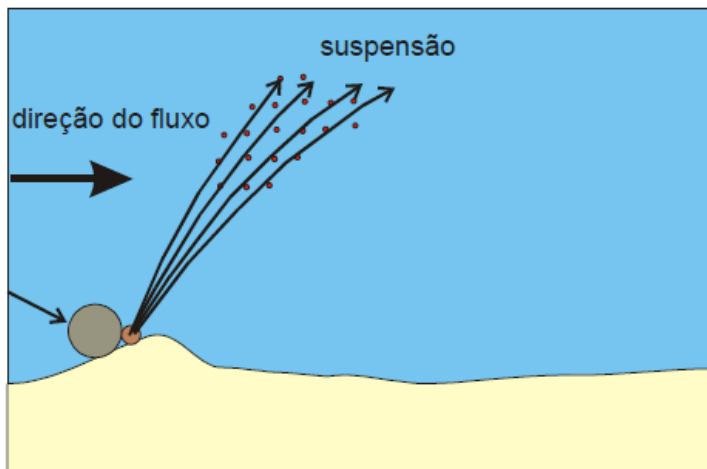


Seleção dos grãos no espaço pela corrente (água ou ar), com a separação entre grãos mais leves (menores, menos densos, mais flutuáveis) e mais pesados (maiores, mais densos, menos flutuáveis)

Suspensão:

Carreamento ou sustentação do grão acima da superfície de deposição

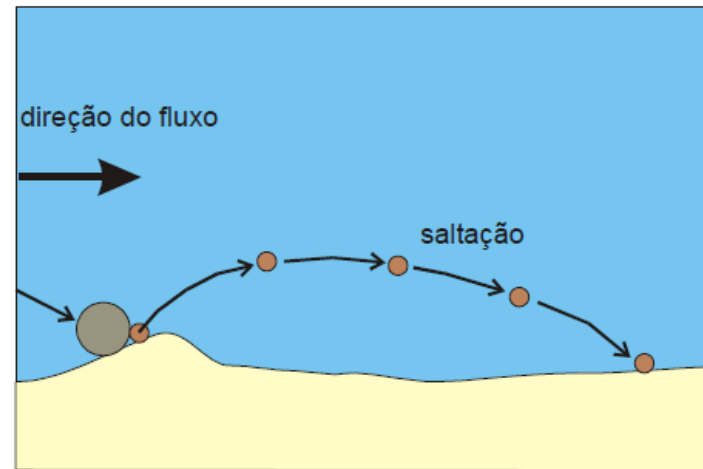
Partículas finas
Energia alta



Saltação:

Grão em suspensão temporária, com trajetória elíptica

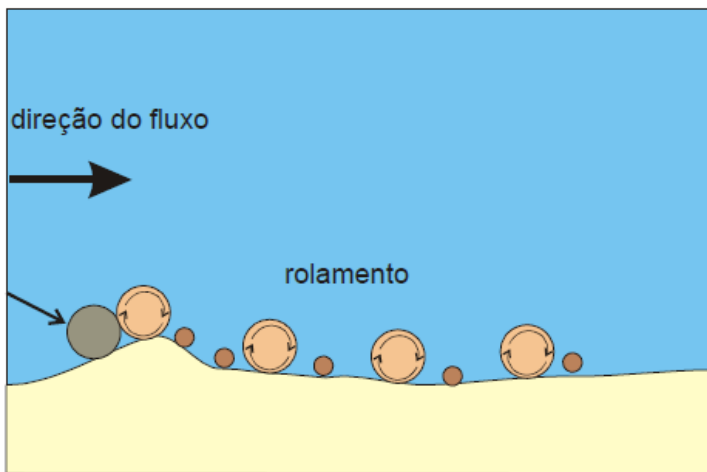
Partículas intermediárias
Energia intermediária



Rolamento:

Grão rotaciona em torno de um eixo por sobre outros grão da interface

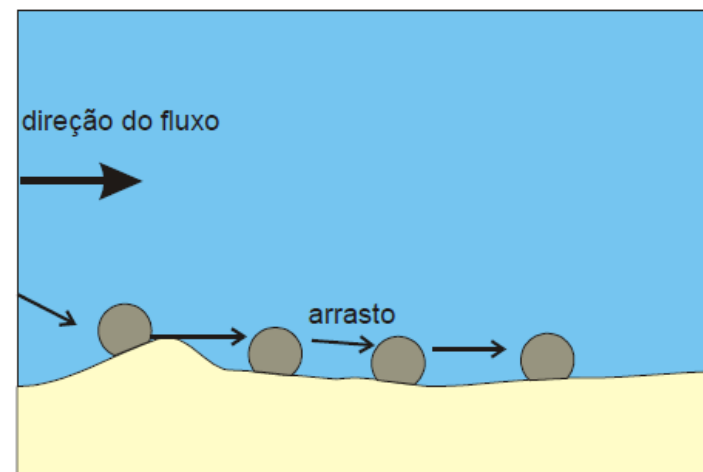
Partículas grossas
Energia baixa



Arrasto:

Grão desloca-se sub-paralelamente e rente à interface sedimento/fluido

Partículas grossas
Energia baixa



- **Águas continentais: rios**

A **erosão fluvial** consiste na remoção das partículas inconsolidadas pela força das águas dos rios;

A gravidade atua sobre o fluido fazendo-o deslocar-se declive abaixo;

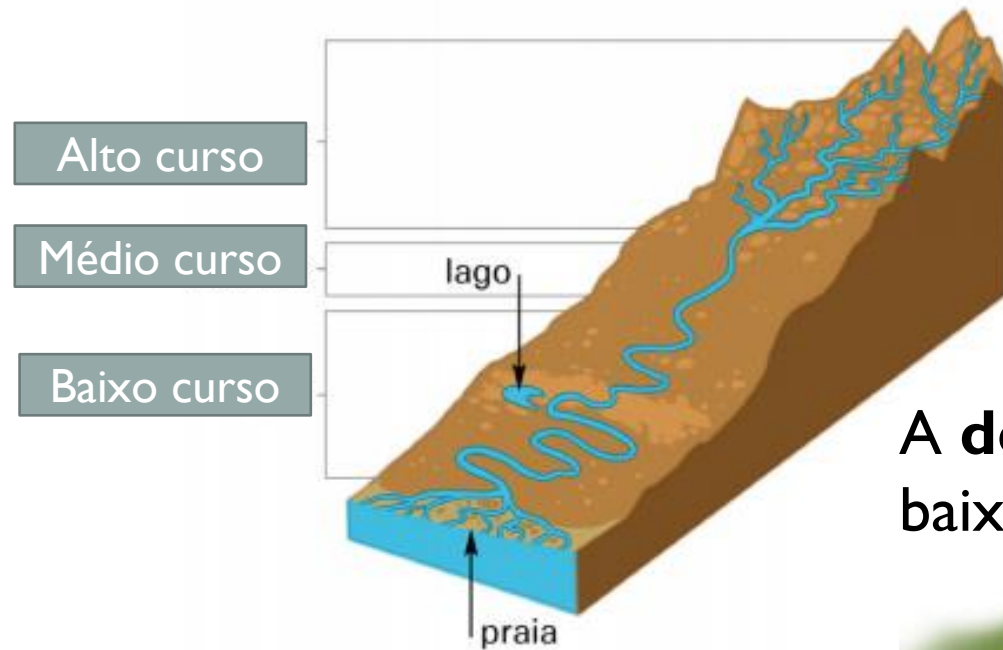
O fluido repassa essa ação a cada grão, como esforço tangencial, transportando-o ou não, a depender de suas características físicas

Intensidade do fluxo – sazonal;



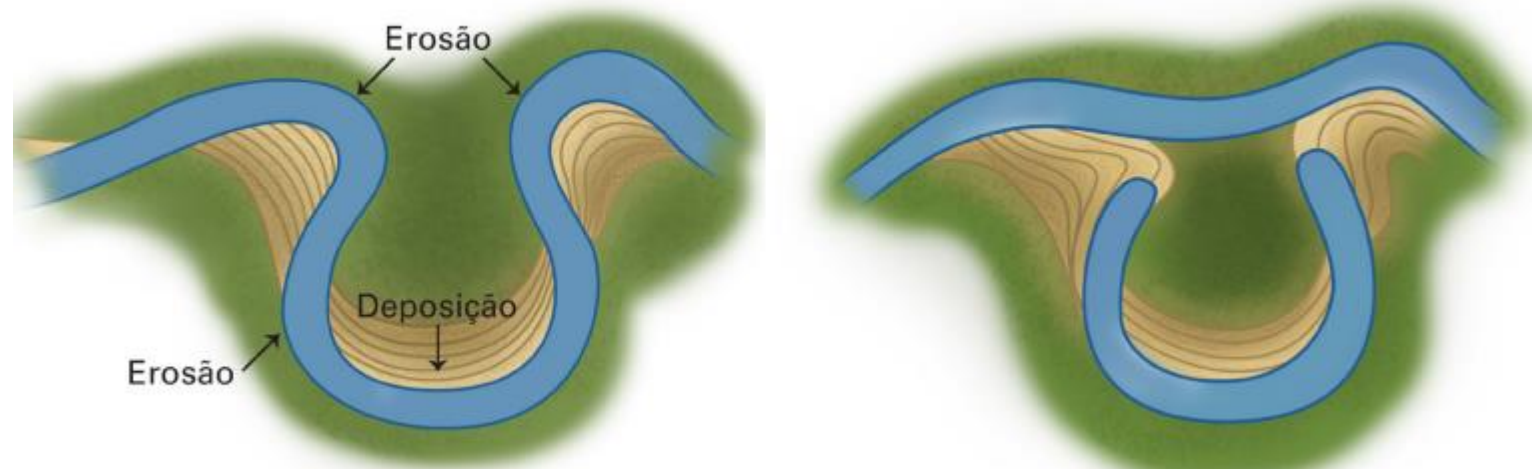
Figura 8.4: Tipos de transporte de sedimentos detriticos num rio: suspensão na água, saltação, rolamento e arraste no fundo do rio.

A **energia do fluxo** depende da declividade do terreno



Fonte: UNIVESP

A **deposição dos sedimentos** ocorre em zonas de baixa energia – meandros abandonados



Fonte: UNIVESP

Rio Paraíba do Sul (Lorena, SP)



- **Águas continentais: lagos**



Fonte: Wikipedia

Varvito - ritmito



Fonte: Secretaria de Infraestrutura de Itu

- **Águas continentais: geleiras**



Fonte: Wikipedia (Geleira Amalia, Patagônia)



Fonte: Wikipedia (Washington, EUA)

Morena/Moraina



- Sedimentos **não são selecionados** (diversas frações granulométricas são transportadas junto com gelo);
- Não há processo de arredondamento (sedimentos são angulosos)

Fonte: **Wikipedia (Alberta, Canada)**

- **Vento**

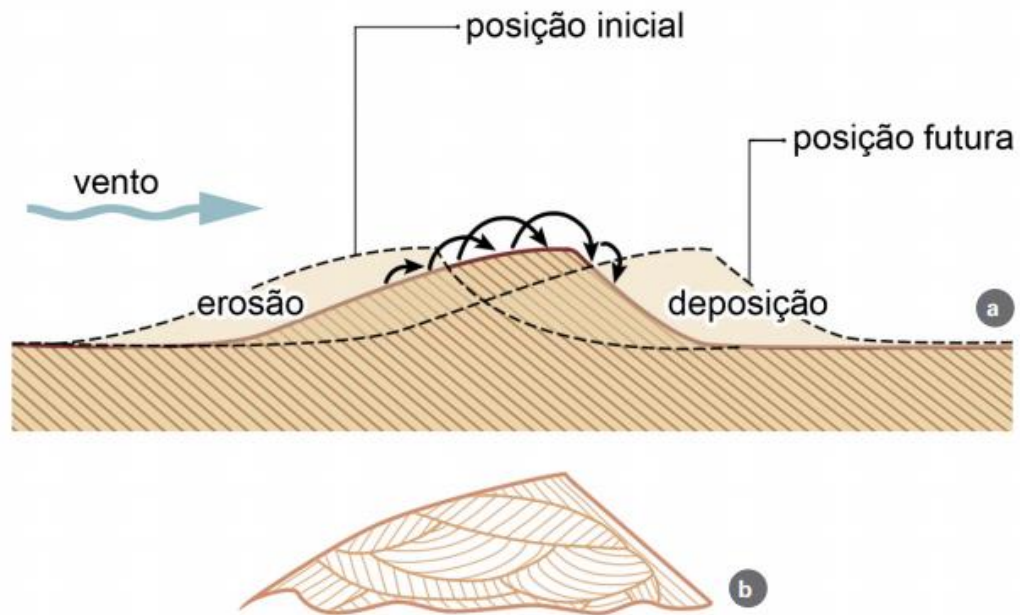


Figura 8.11: Representação esquemática de dunas eólicas. **a.** A erosão a barlavento da duna e a deposição a sotavento fazem a duna migrar na direção do vento. **b.** A estrutura interna típica de uma duna, registrando a estratificação cruzada (realçada pelos traços internos na figura) pela superposição de sedimentos depositados em diferentes direções de vento.

Fonte: UNIVESP

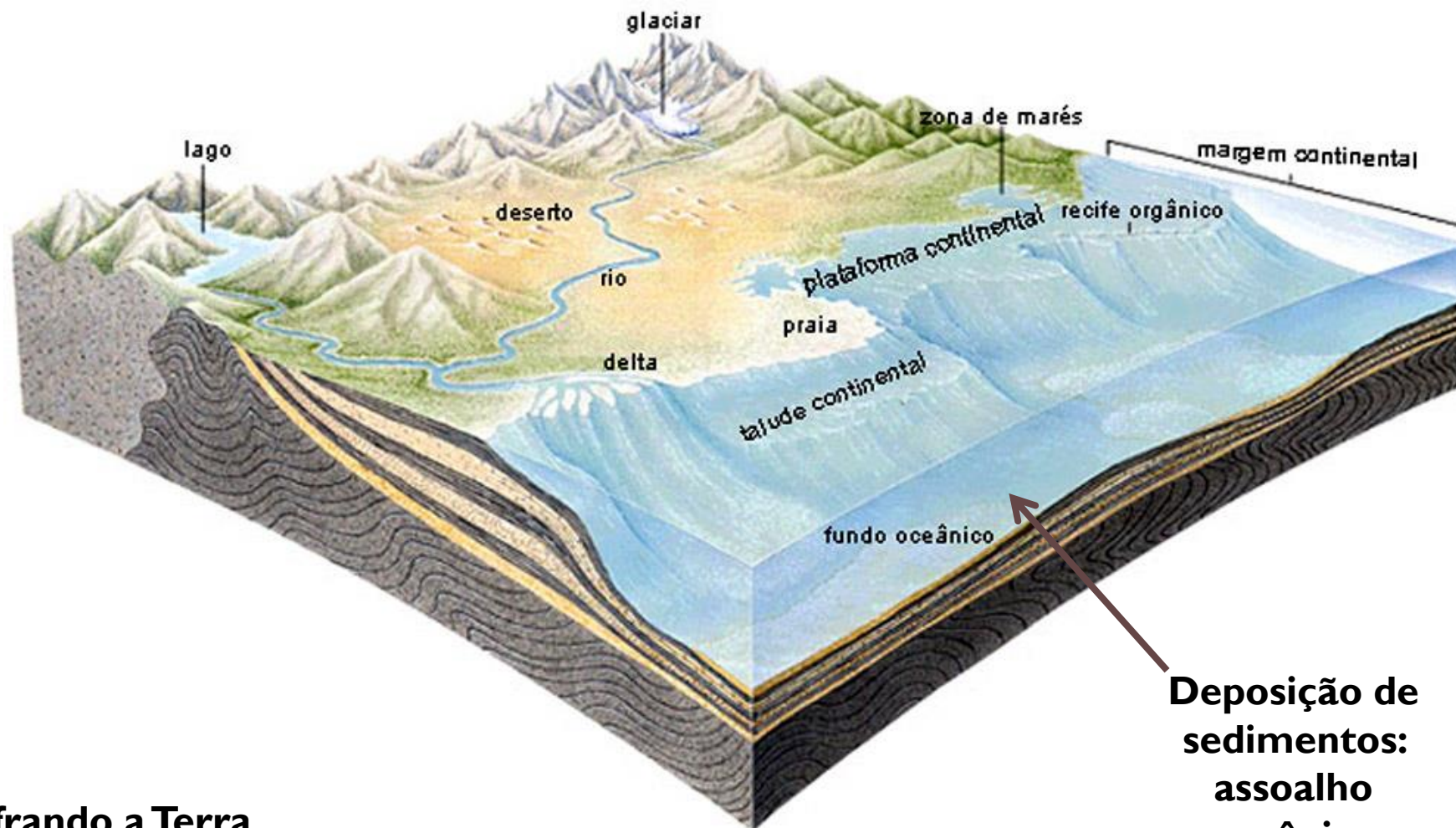
Formação Pirambóia

Formação litoestratigráfica na bacia do Paraná do período Triássico - 252-201 milhões de anos – Pangea/clima árido



Fonte: Mapio

- **Mares e Oceanos**



Fonte: Decifrando a Terra

Classificação dos sedimentos

Sedimentos: tudo o que se deposita com transporte prévio físico ou químico, fora e/ou dentro da bacia sedimentar, por vias **físicas**, **químicas**, **biológicas** e **bioquímicas**

Classificação dos sedimentos ou rochas sedimentares – entendimento da gênese

Sedimentos podem ser classificados pela **forma** como são sedimentados

Clástico ou
detrítico

Bioquímico

Biogênico

Químicos

- **Clástico**

Partículas ou fragmentos de rochas intemperizadas, erodidos e fisicamente transportados desde a área fonte até locais de deposição ou na própria bacia de sedimentação

Biografia de um grão



Fonte: Decifrando a Terra

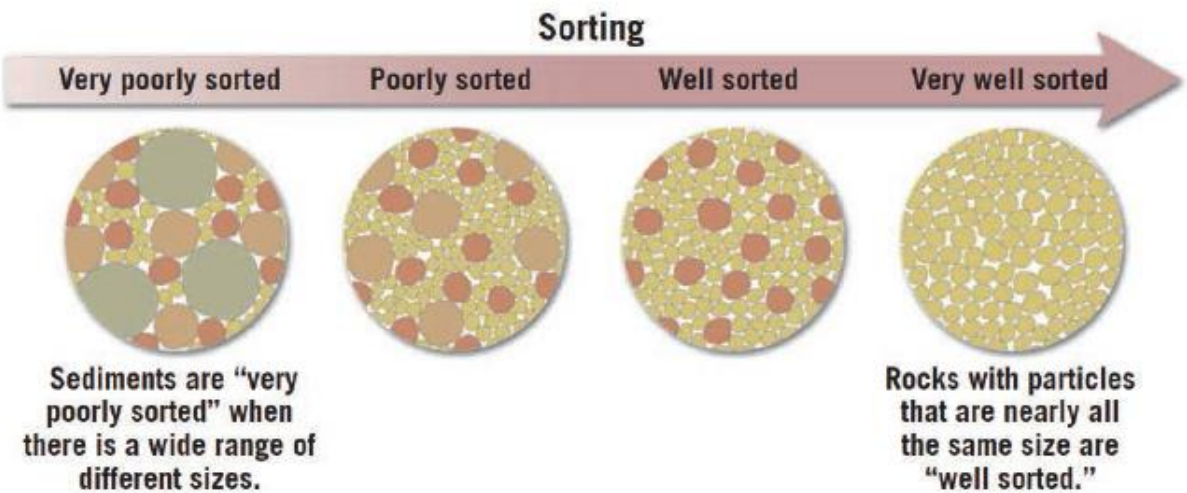
Sedimentos clásticos podem ser classificados com relação a sua **textura**

Textura: classificação granulométrico

Partícula	Diâmetro
Matacão	maior que 256 mm
Cascalho	de 64 mm a 256 mm
Seixo	de 4 mm a 64 mm
Grânulo	de 2 mm a 4 mm
Areia	
Muito grossa	de 1 mm a 2 mm
Grossa	de 0,5 mm a 1 mm
Média	de 0,25 mm a 0,5 mm
Fina	de 0,125 mm a 0,25 mm
Muito fina	de 0,062 mm a 0,125 mm
Silte	de 0,004 mm a 0,062 mm
Argila	menor que 0,004 mm

Fonte: **VUNESP**

Textura: seleção granulométrica



Sedimentos clásticos podem ser classificados com relação a sua **textura**

Textura: arredondamento e esfericidade

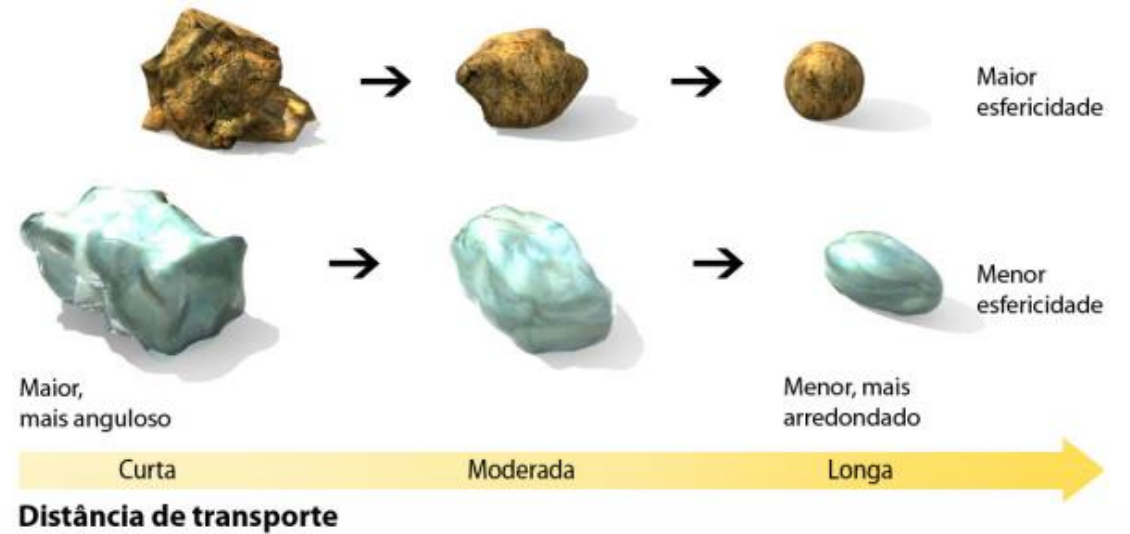
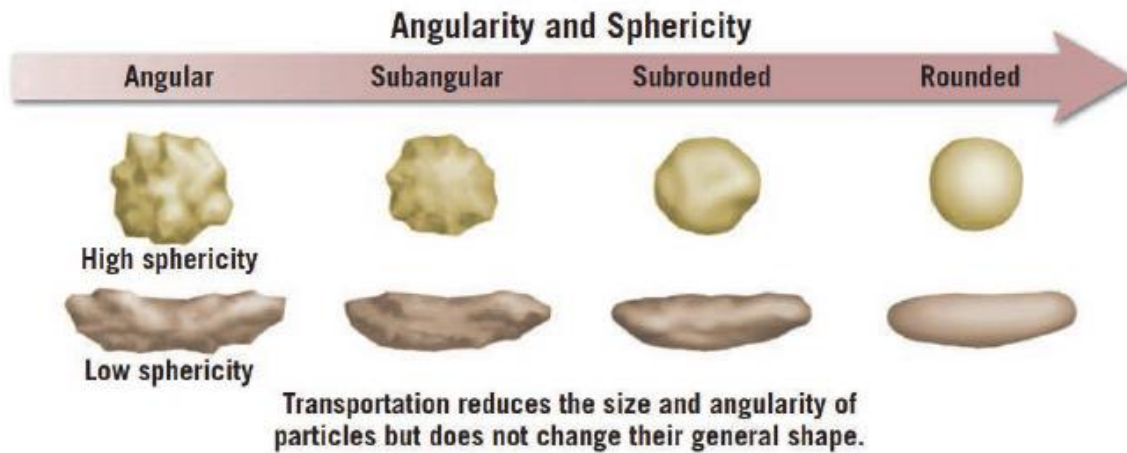
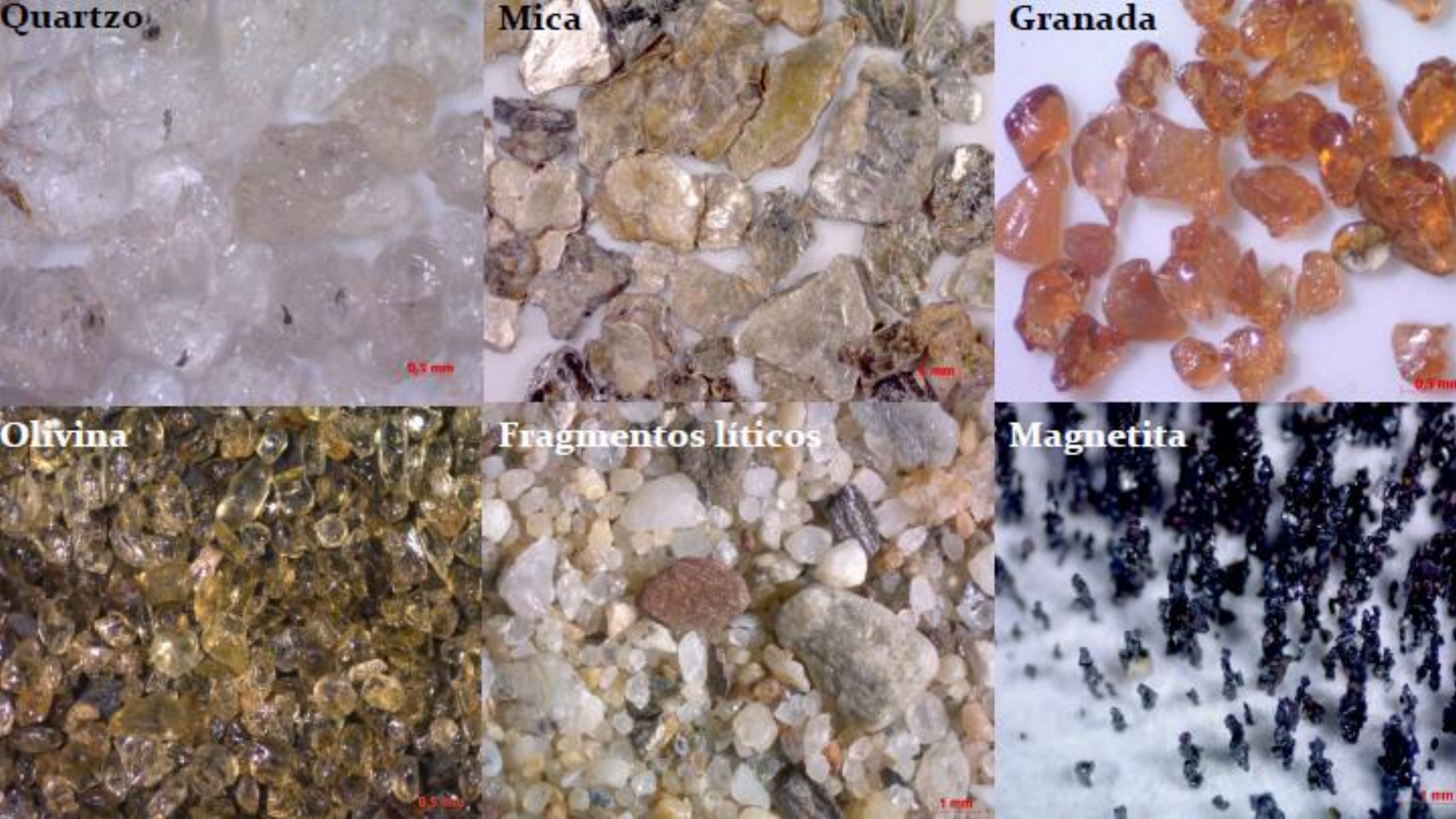


Figura 8.13: Ilustração de grãos com diferentes graus de arredondamento e de esfericidade.

Fonte: VUNESP



- **Químicos**

Sofrem precipitação química diretamente das soluções



Espeleotemas



Salar de Uyuni (Bolívia)

- **Bioquímicos**

Precipitados direta ou indiretamente por atividade biológica



Corais



Estromatólitos

Filmes microbianos que aprisionam lama; com o tempo, camadas desses micróbios e de lama podem formar uma estrutura rochosa estratificada

- **Biogênicos**
Constituídos de restos orgânicos (vegetais e animais) soterrados e transformados



Sedimentos

→ Clásticos ou detríticos

Processos físicos - partículas



→ Biogênicos ou orgânicos e bioquímicos

Processos orgânicos



→ Quimiogênicos ou químicos

Processos químicos - íons





**Deposição em depressões
marinhas ou continentais**



**Rochas
sedimentares**

Transformação sedimento - rocha

Uma vez depositado, o sedimento pode ser continuamente recoberto por novos eventos de sedimentação – o peso do material sobrejacente poderá ser imenso e provocará uma série de mudanças a qual chamamos de **litificação**

Processos diagenéticos

Compactação

Cimentação

Recristalização

Dissolução

Estratificação

Estrato: unidade física distinta, definida por um conjunto de características deposicionais (homogêneas ou variáveis segundo um padrão) e /ou pela presença de superfícies delimitantes;

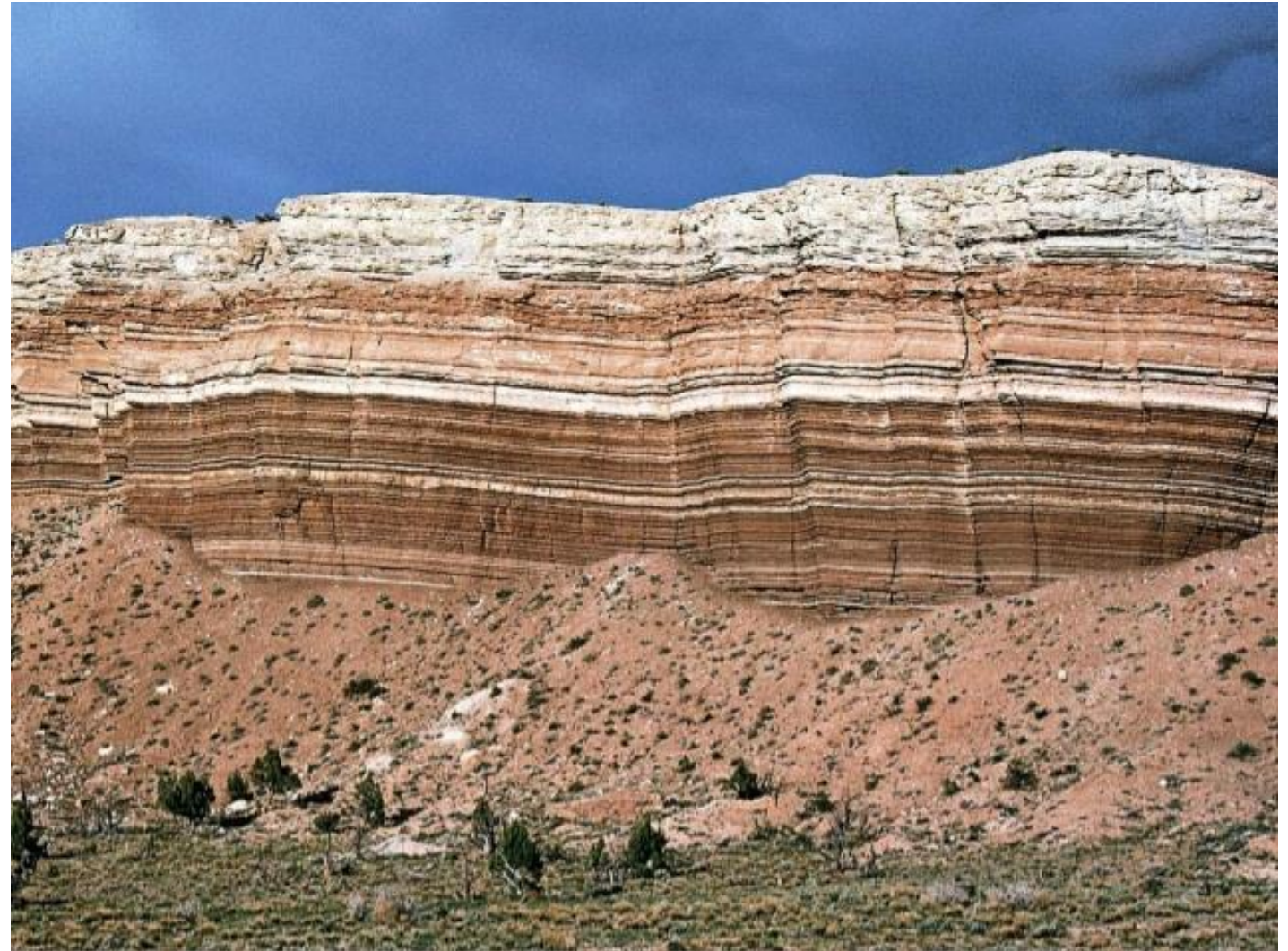
Camada: estrato fundamental (mapeável) em escala de afloramento; espessura > 1 cm;

Lâmina: menor estrato visível; espessura < 1 cm;

Varve: estratos formados por lâminas e camadas depositados ritmicamente (sazonalidade)

- **Estratificação plano paralela**

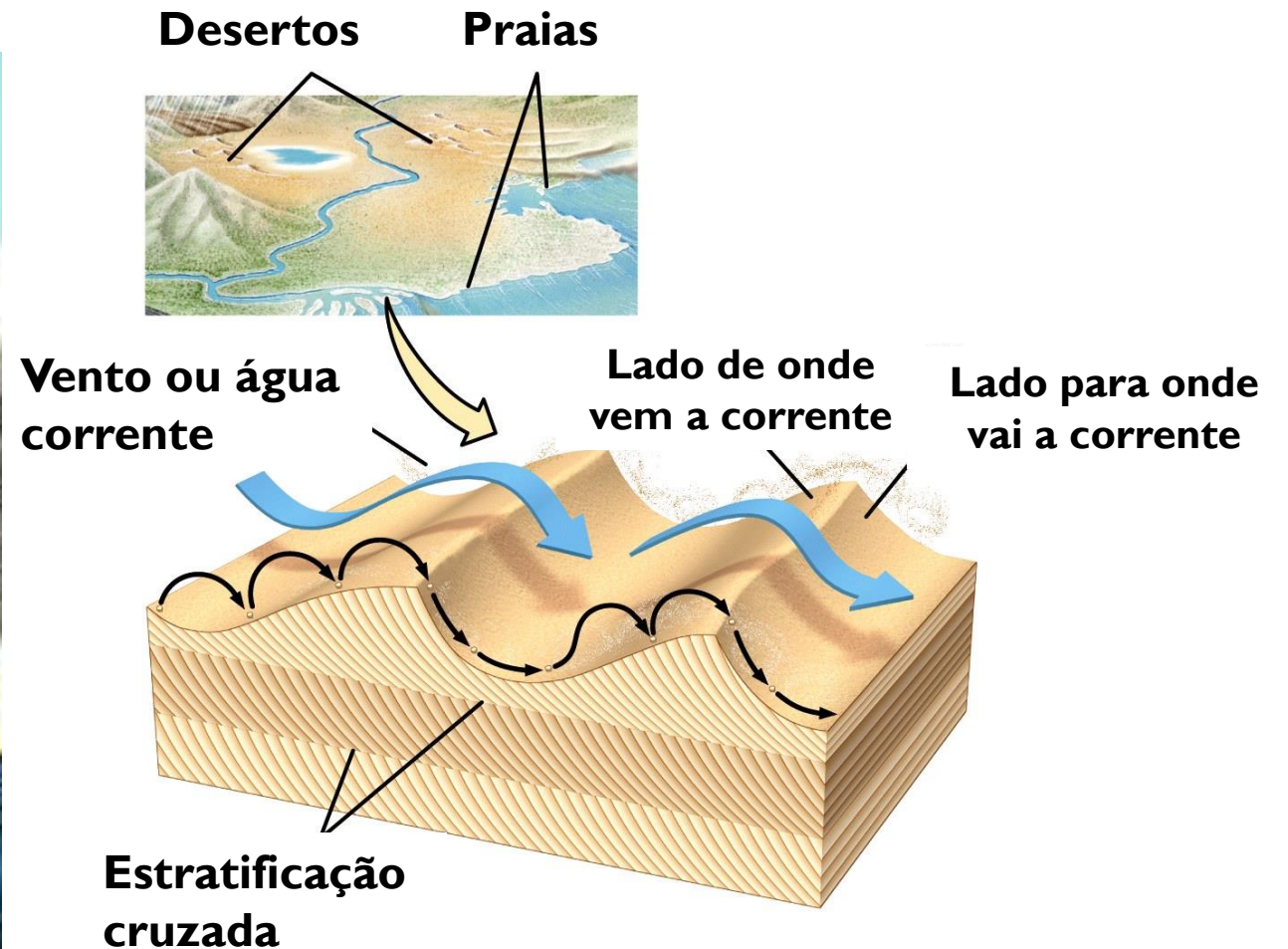
Feição mais característica de rochas sedimentares: sedimentos depositam-se em camadas horizontais, paralelamente a superfície

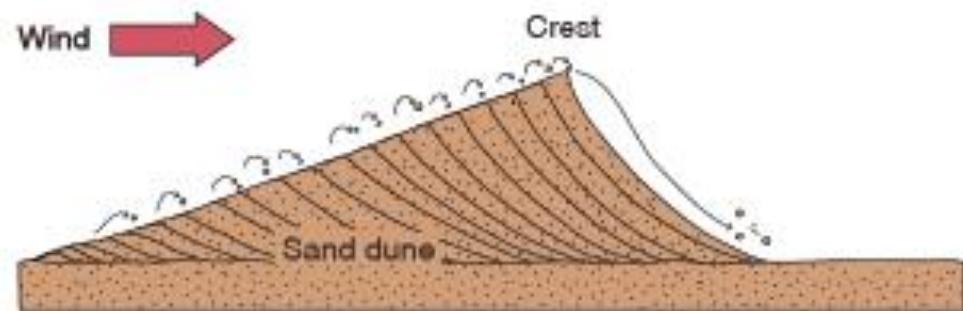


- **Estratificação cruzada**

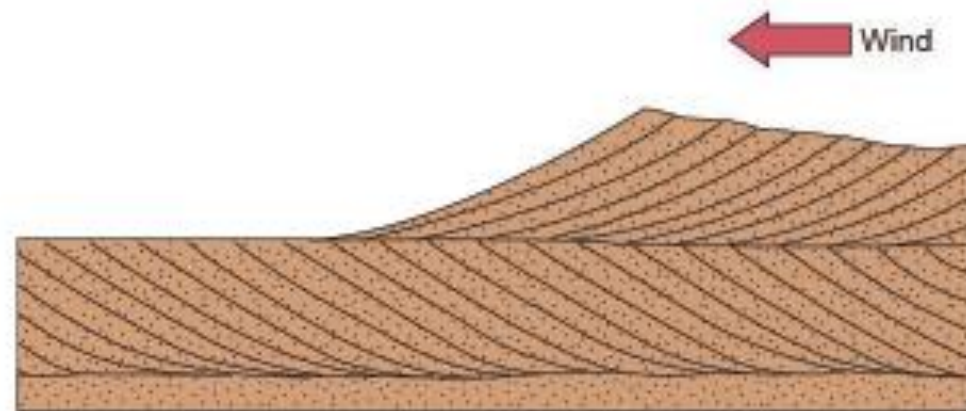
Superfícies possuem ângulos de até 35° e representam frentes de avanços de dunas ou marcas onduladas.

Formam-se em ambiente subaquático e eólico

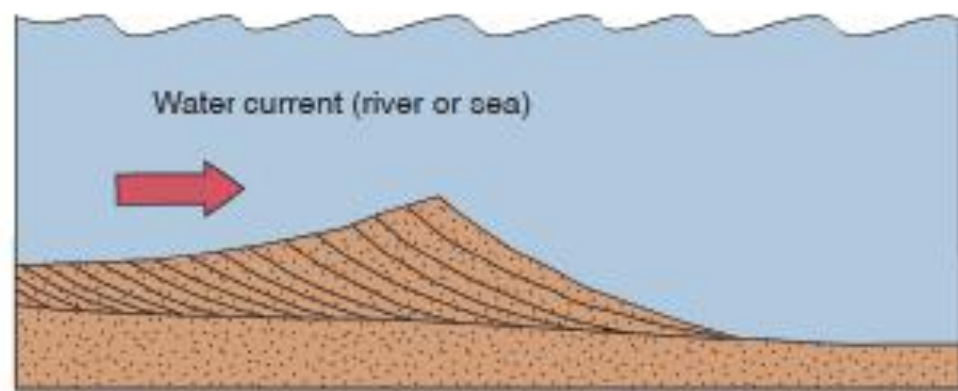




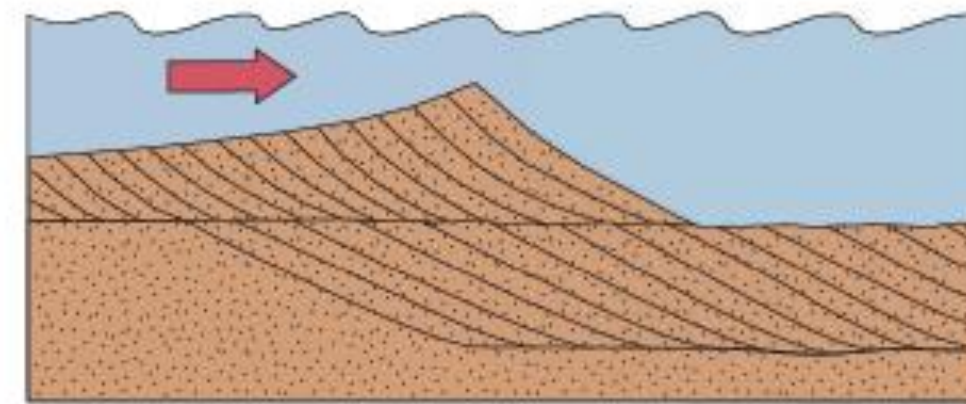
A



B



C

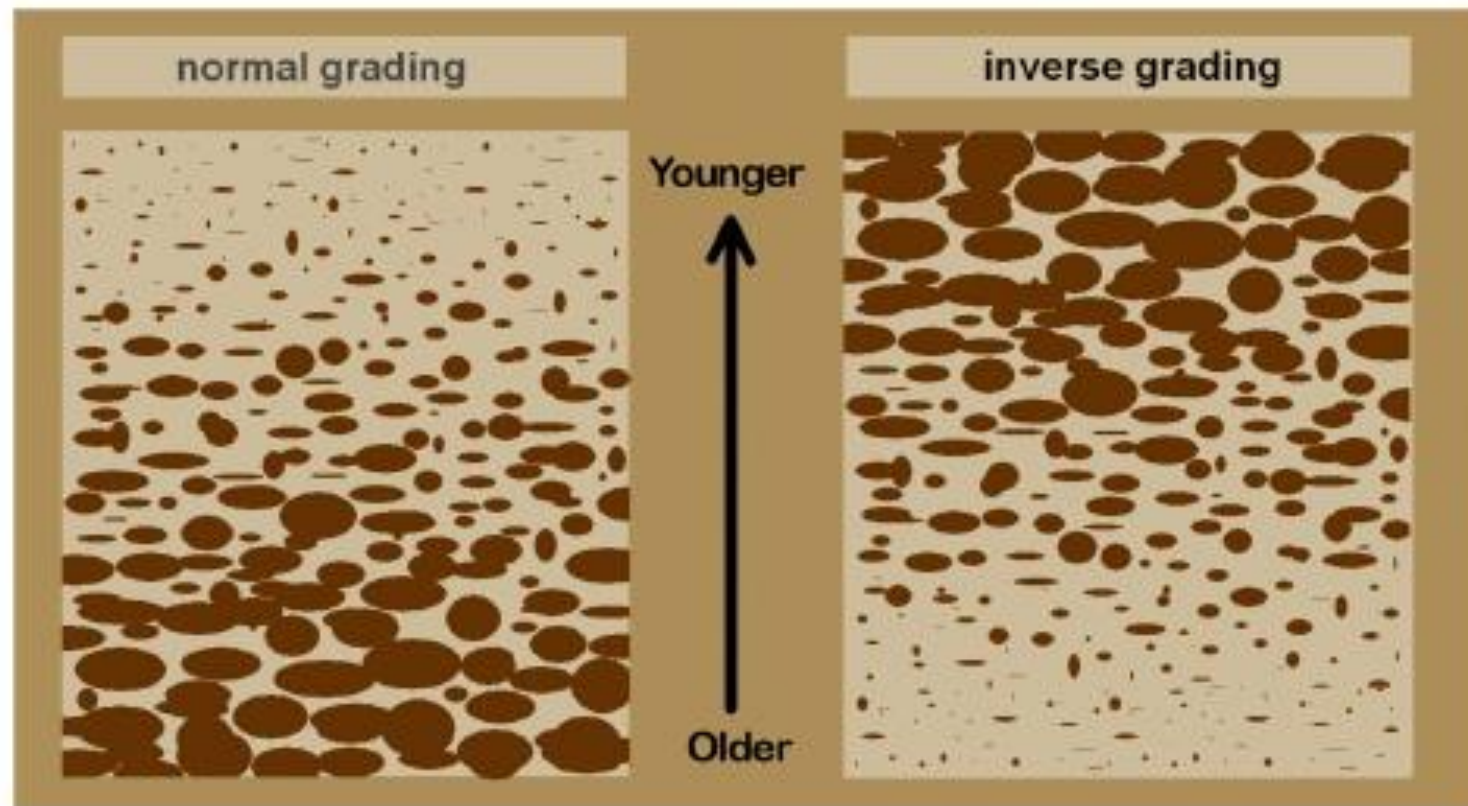


D



- **Estratificação gradacional**

Camada caracterizada por uma variação vertical no tamanho dos grãos; gradação da granulometria da base para o topo



Nomenclatura das rochas sedimentares

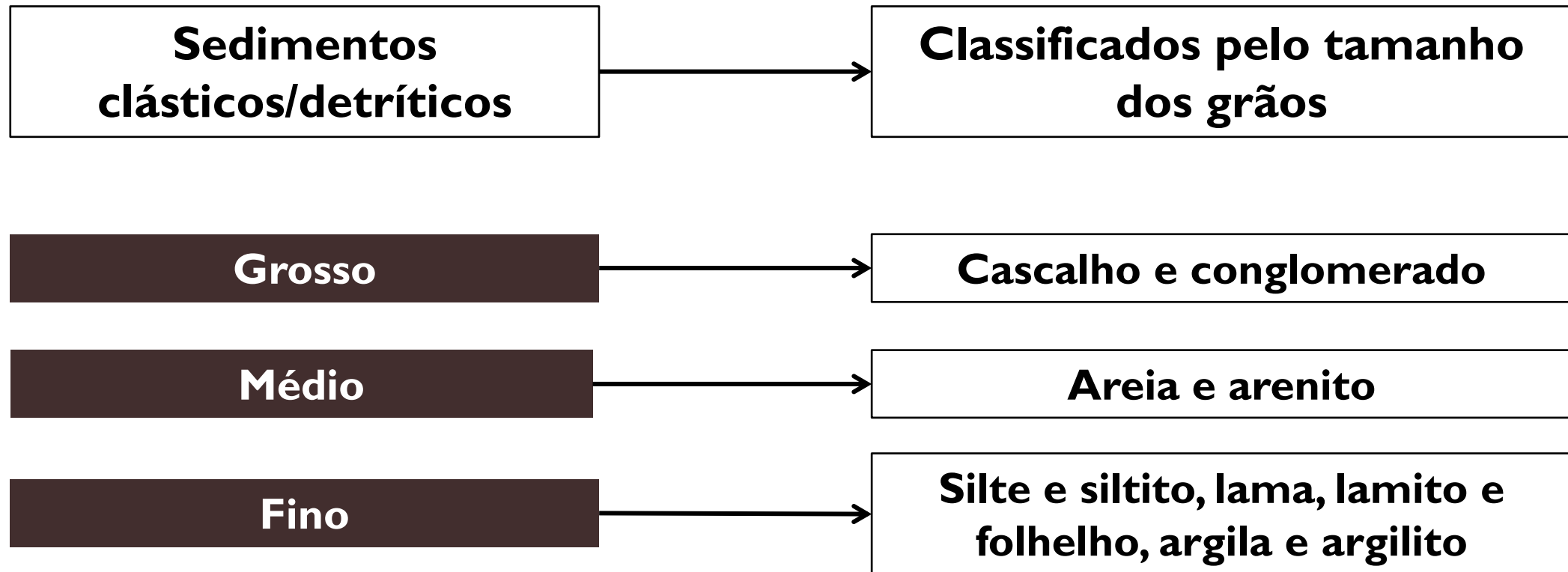
As rochas sedimentares também podem ser formadas por uma mistura de materiais clásticos, químicos e biológicos, sendo classificadas e denominadas de acordo com o material que predomina:

- **clásticas** – formadas por detritos de rochas e minerais transportados
- **químicas** – formadas por íons em solução precipitados
- **biogênicas, biológicas ou bioquímicas** – formadas por ação de organismos aquáticos ou acúmulo de seus esqueletos
- **orgânicas** – formadas por acúmulo de matéria orgânica e restos vegetais formando argilas orgânicas e carvão

- **Rochas sedimentares clásticas**

Cerca de 75% das rochas sedimentares são **clásticas**;

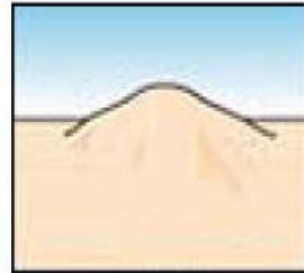
Siliciclásticas – compostas predominantemente por feldspato e quartzo



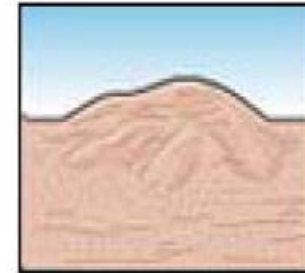
Sedimento



seixos



areia

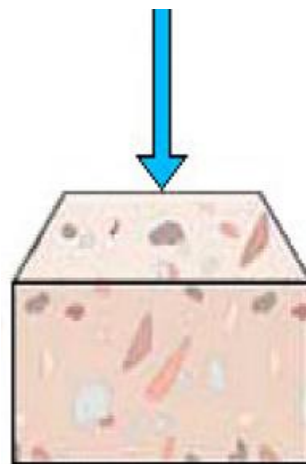


silte

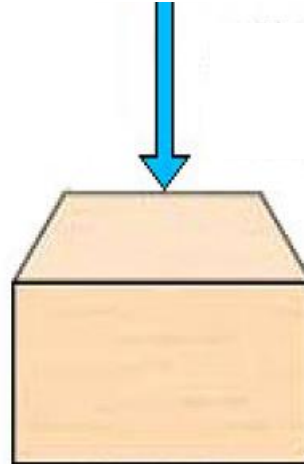


argila

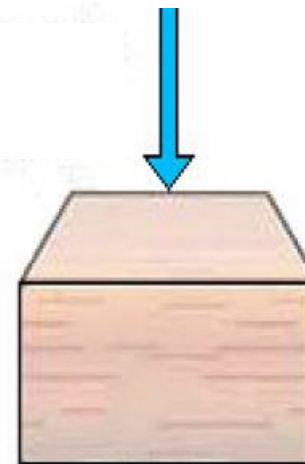
**Rocha
Sedimentar**



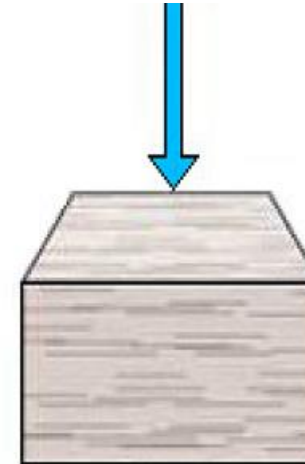
Conglomerado



Arenito



Siltito



Argilito

Exemplos de rochas sedimentares detríticas classificadas pela textura



Conglomerado
Granulação grossa



Folhelho
Granulação fina



Arenito
Granulação média



Argilito
Granulação fina

Exemplo de rochas sedimentares detríticas classificadas pela estrutura

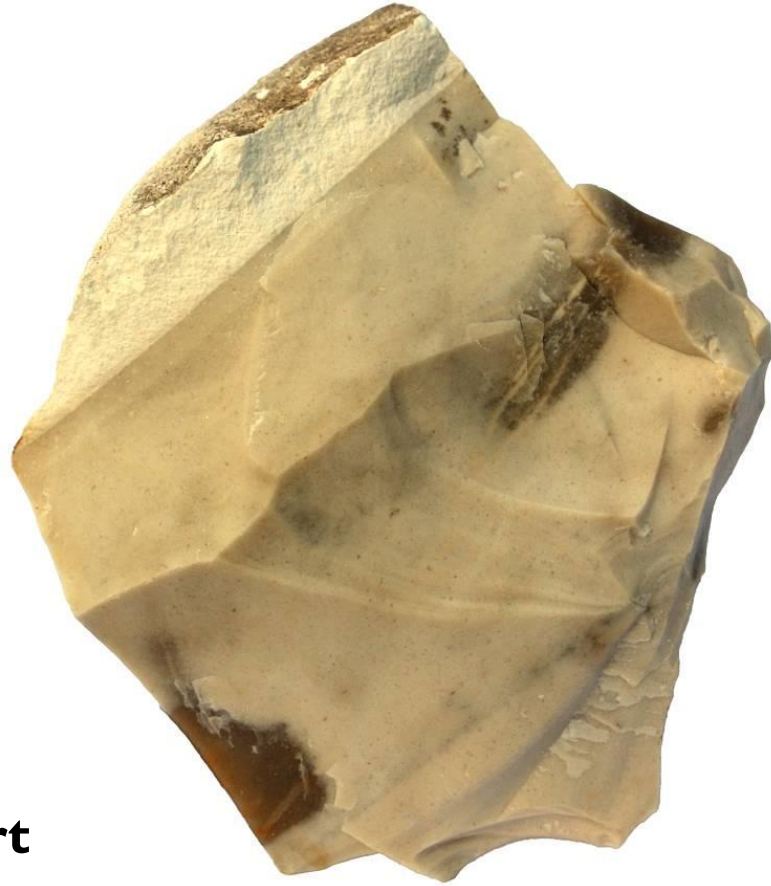


Ritmito



- **Químicas**

Originadas a partir da precipitação de solutos, devido à diminuição da solubilidade da água ou mesmo por evaporação (carbonatos – mais comum)



Chert

Precipitação e dissolução de sílica (SiO_2) de esqueletos silicosos de animais marinhos



Evaporito

halita (sal de cozinha) e a gipsita (gesso)



Calcário

Rocha sedimentar carbonática
(pode ter origem orgânica,
clástica e química)



Dolomito – tipo de calcário constituído predominantemente pelo mineral dolomita

- **Rochas sedimentares biogênicas**



Coquina

Rocha biogênica ou bioclástica formada pelo acúmulo de conchas cimentadas, podendo ser considerada um tipo de calcário

- **Rochas sedimentares orgânicas**



Carvão mineral é uma rocha sedimentar originada pelo acúmulo de matéria orgânica, principalmente vegetal. Grandes acumulações de carvão tiveram origem no Período Carbonífero, com extensas jazidas no Reino Unido. Essas jazidas foram amplamente lavradas para uso do carvão em máquinas a vapor, o que deu origem à Revolução Industrial.