





















**Aquele momento em que...**

geologia de depressão











*Eu vejo dobras!!!!*



*Com que frequência e onde?*

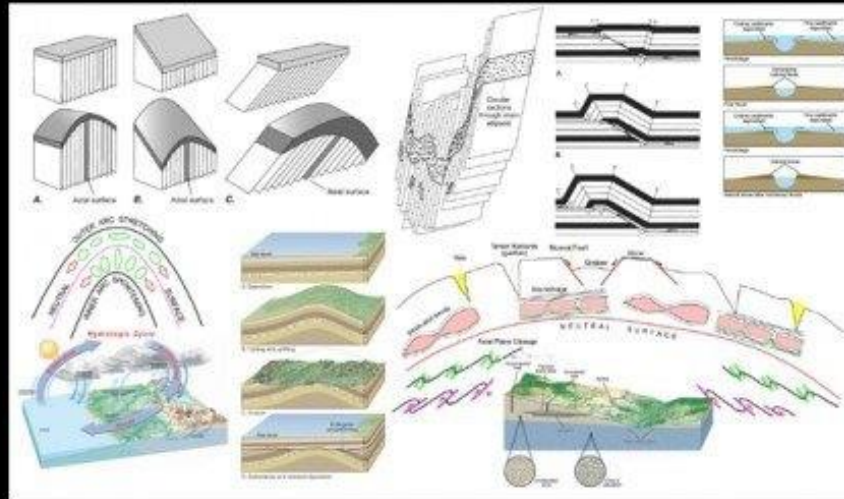


*O tempo todo!! No sorvete, na camisa e até na calçada de Ipanema!*

# What you see



# What a geologist sees



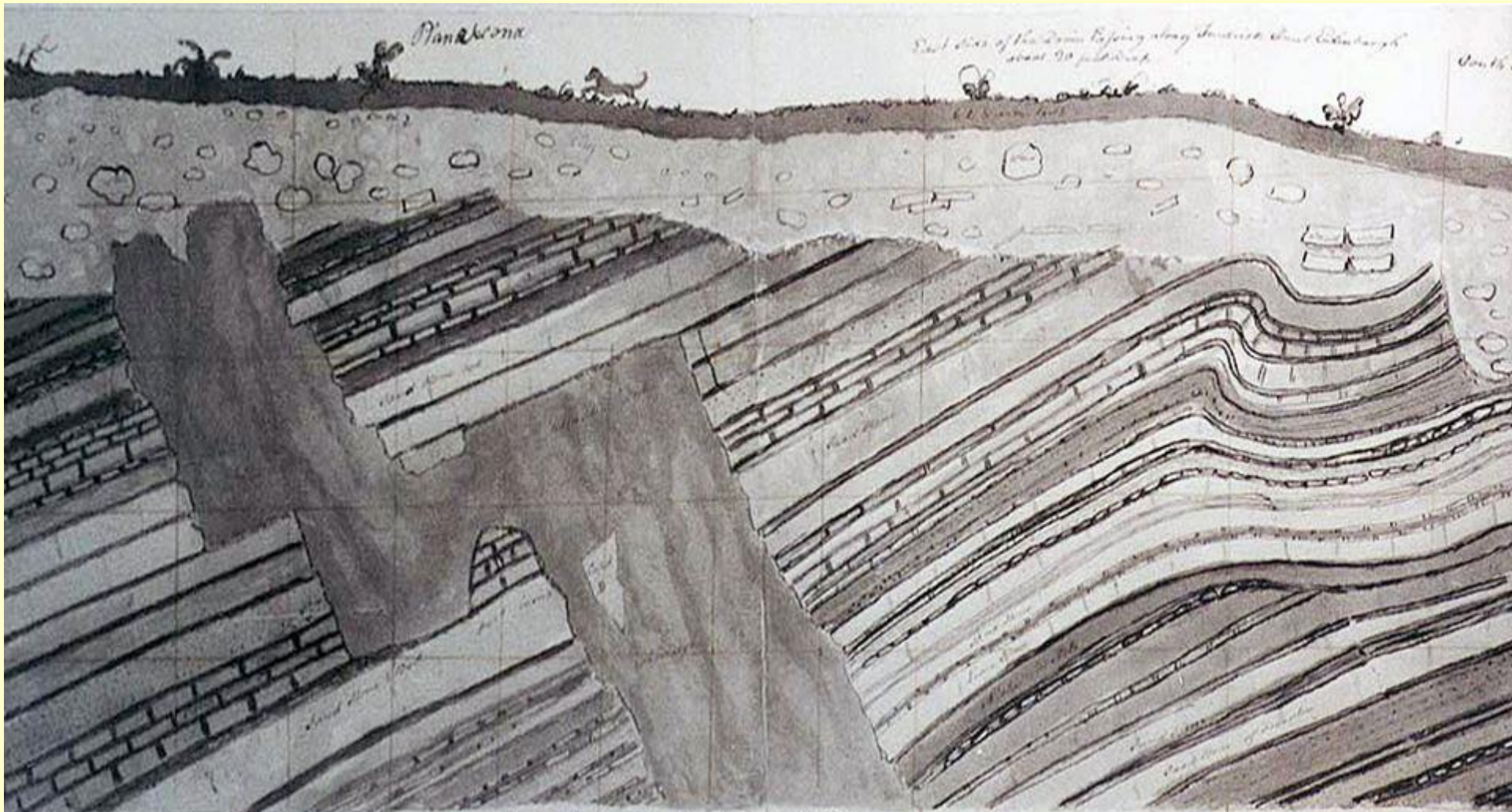




# Encontre as falhas.



**Nível ninja!**



Frederick Street, Edinburgh - a sketch of a dyke by James Hutton (1726 - 1797)

courtesy USGS

# ESTRUTURAS GEOLÓGICAS

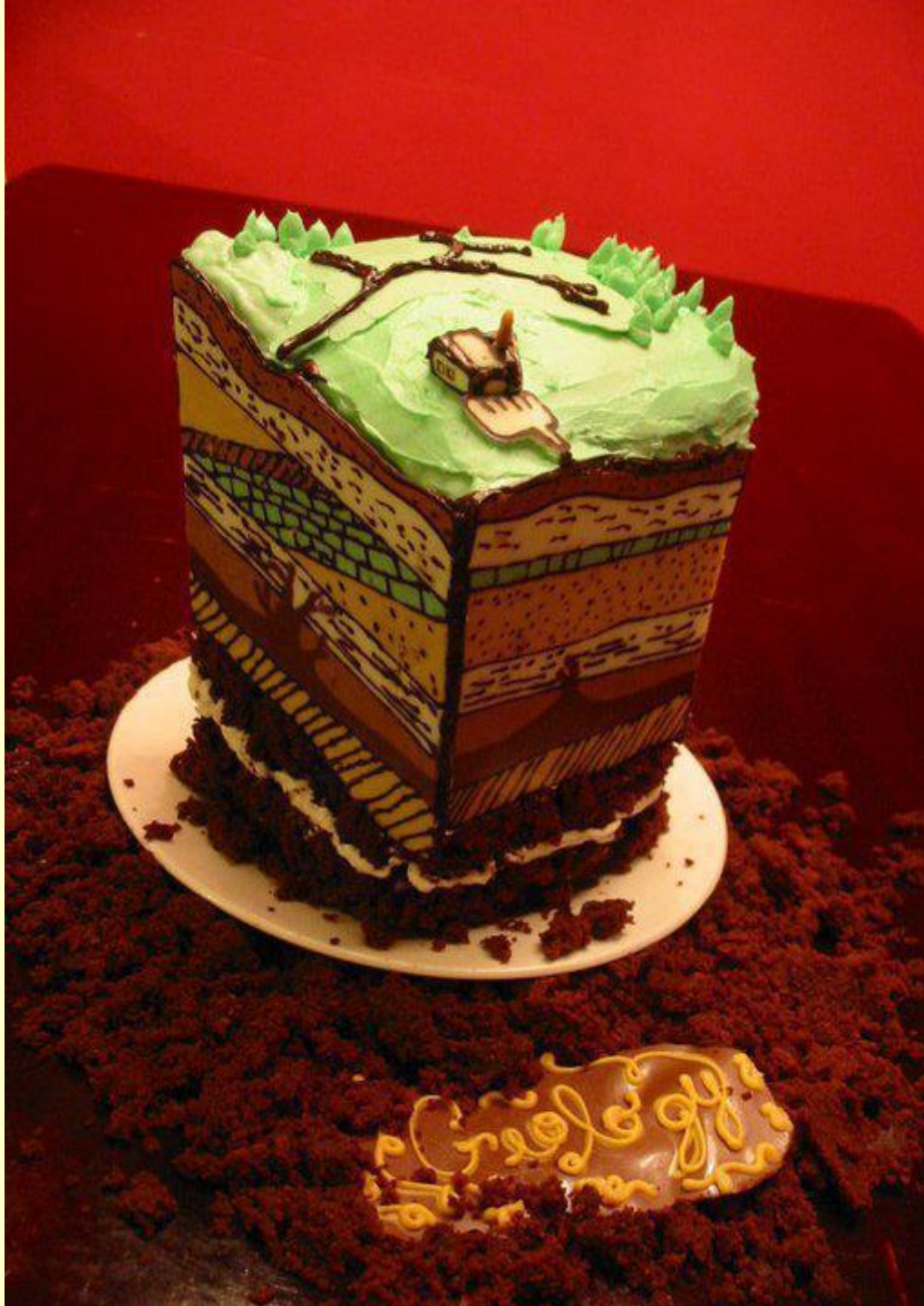
Daniel Atencio

# ESTRUTURAS GEOLÓGICAS

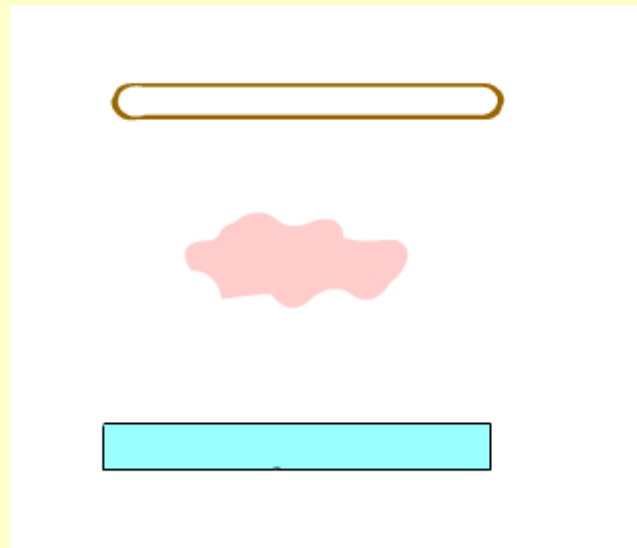
- As rochas ocorrem como corpos ou maciços rochosos, com limites (***contatos***) com outros corpos rochosos. Mostram estruturas internas, resultado dos processos geológicos.

# Estruturas Primárias

- São estruturas formadas durante o processo de geração da rocha.
- ***Estruturas primárias ígneas***: estrutura vesicular e/ou amigdaloidal, estrutura maciça, estrutura fluidal (quando aparece orientação por fluxo de magma).
- ***Estruturas primárias sedimentares***: estrutura estratificada (ou laminada, quando fina) e outras estruturas registradas durante a deposição e litificação de sedimentos (ex.: marcas onduladas, gotas de chuva, pegadas e rastros de fósseis).



# Deformação

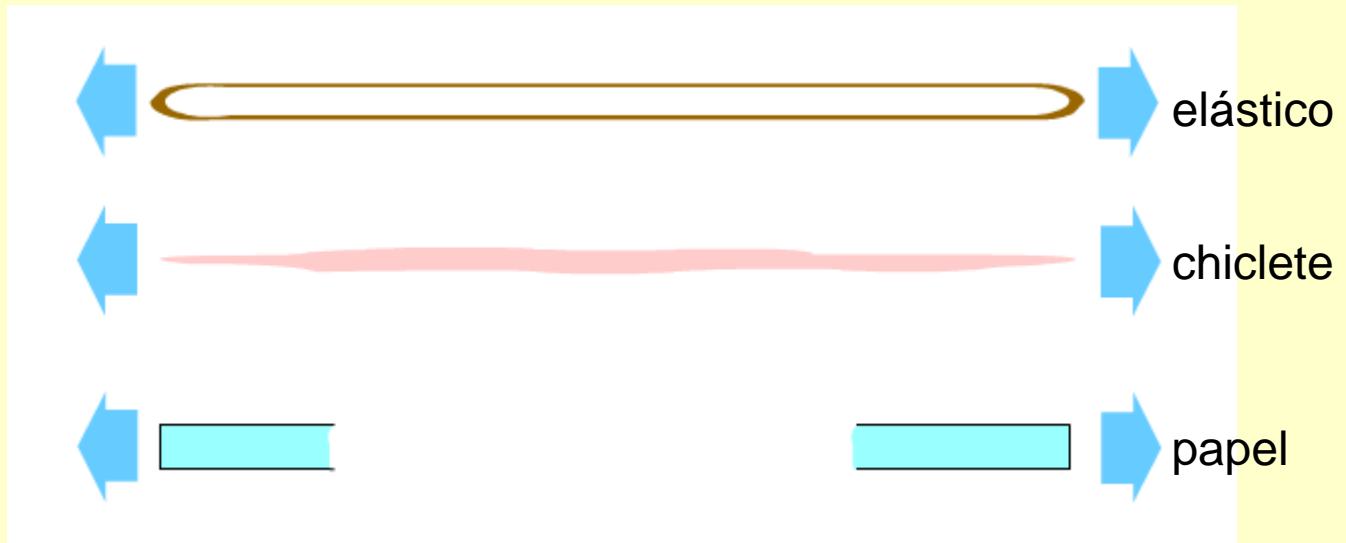


elástico

chiclete

papel

# Deformação





# Deformação

deformação elástica



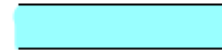
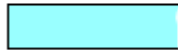
elástico

deformação plástica



chiclete

ruptura



papel

# Deformação

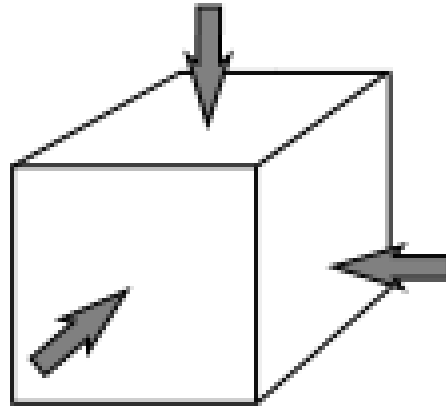
- Tensão de cisalhamento (ou diferencial) causa a mudança de forma de um corpo
  - Tração causa o estiramento do corpo
  - Compressão causa o achatamento do corpo
  - Cisalhamento causa translação e deslizamentos internos do/no corpo



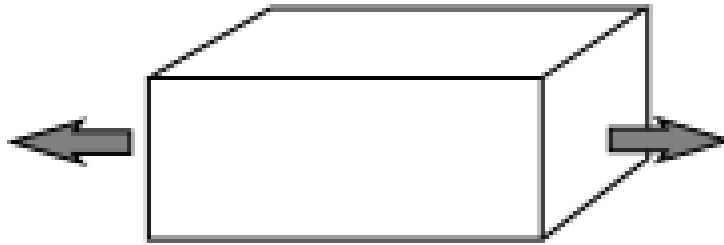
# Estruturas Secundárias

- Geradas por deformação de rochas pré-existentes.
- **Deformação elástica**: reversível.
- **Deformação plástica** : estruturas internas (*foliação* ou *xistosidade* de rochas metamórficas) e as que afetam grandes corpos: *dobras*.
- **Deformação rúptil**: os corpos rochosos são quebrados, aparecendo *juntas* e *falhas*.

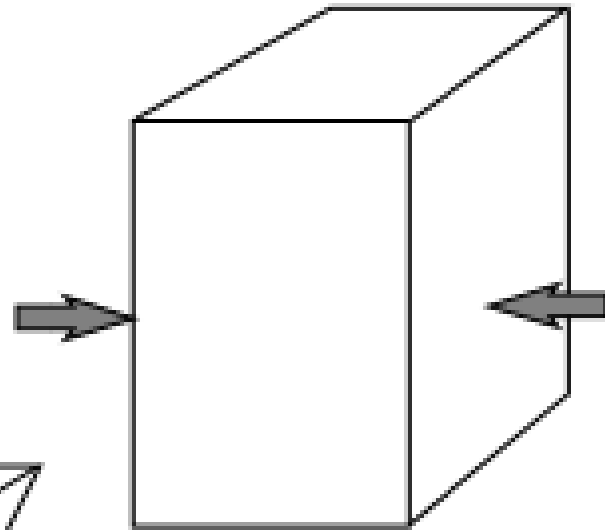
pressão litostática confinante



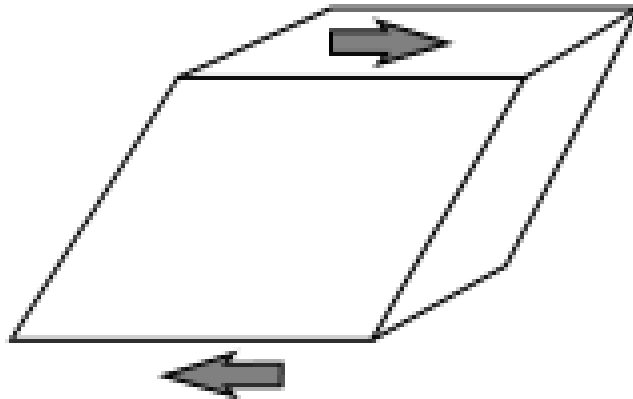
tipos de tensão diferencial



tração



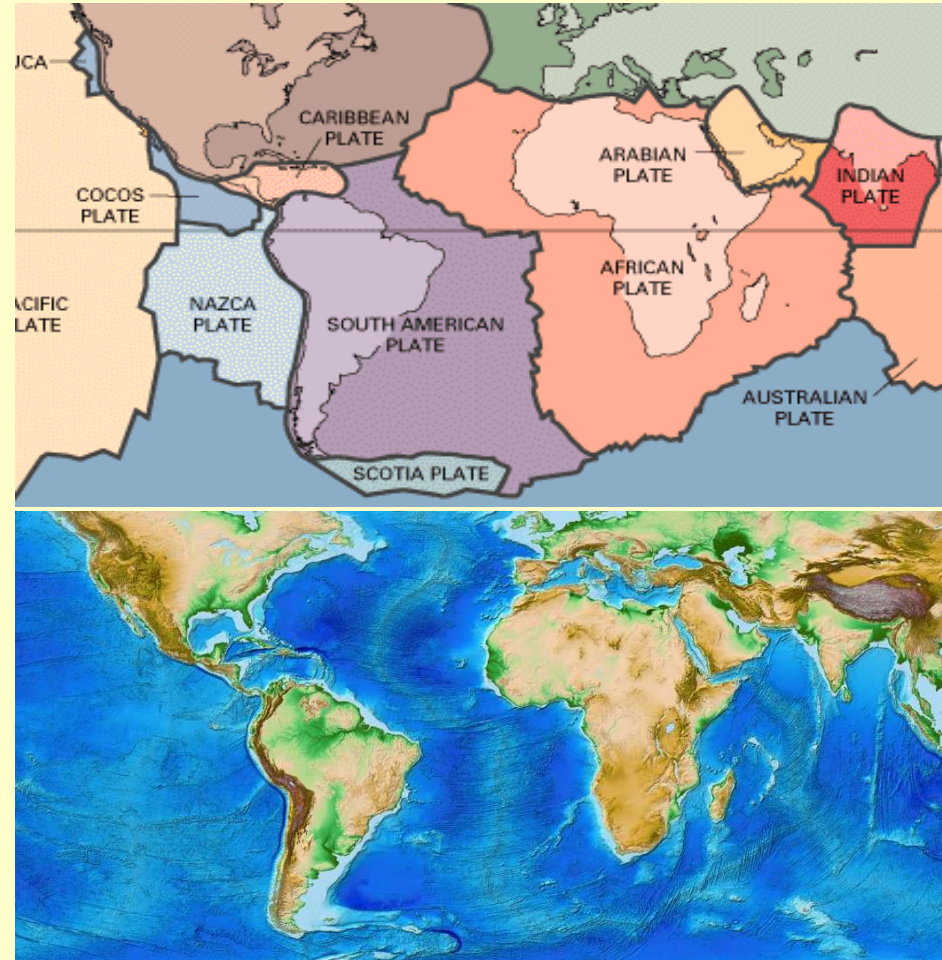
compressão



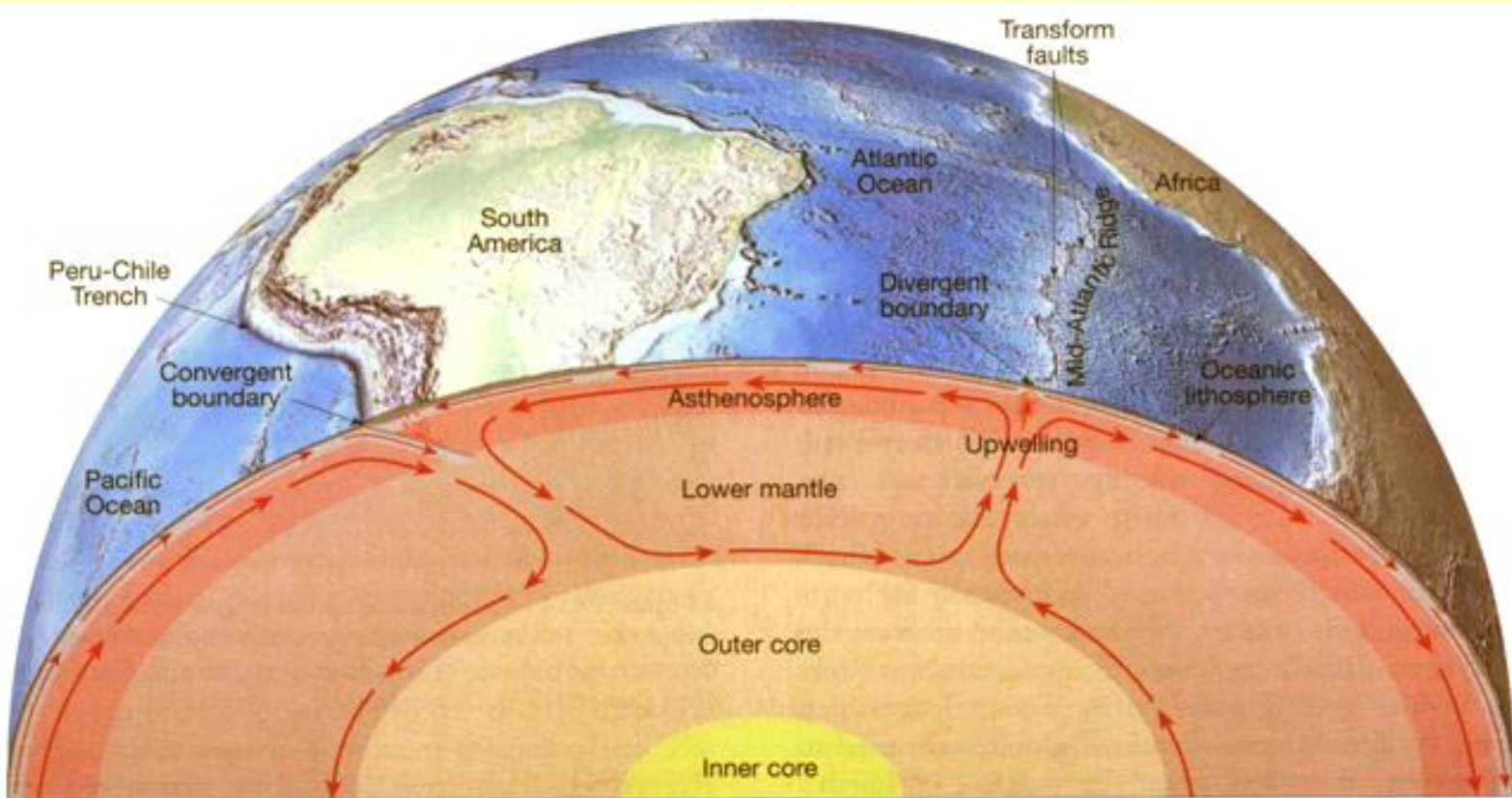
cisalhamento

# Por que há deformação nas rochas?

- As placas tectônicas, que constituem a parte superior do planeta, estão em constante movimento



# Placas tectônicas



◆ **Figure 19.12** Seafloor spreading. Harry Hess proposed that upwelling of mantle material along the mid-ocean ridge system created new seafloor. The convective motion of mantle material carries the seafloor in a conveyor-belt fashion to the deep-ocean trenches, where the seafloor descends into the mantle.



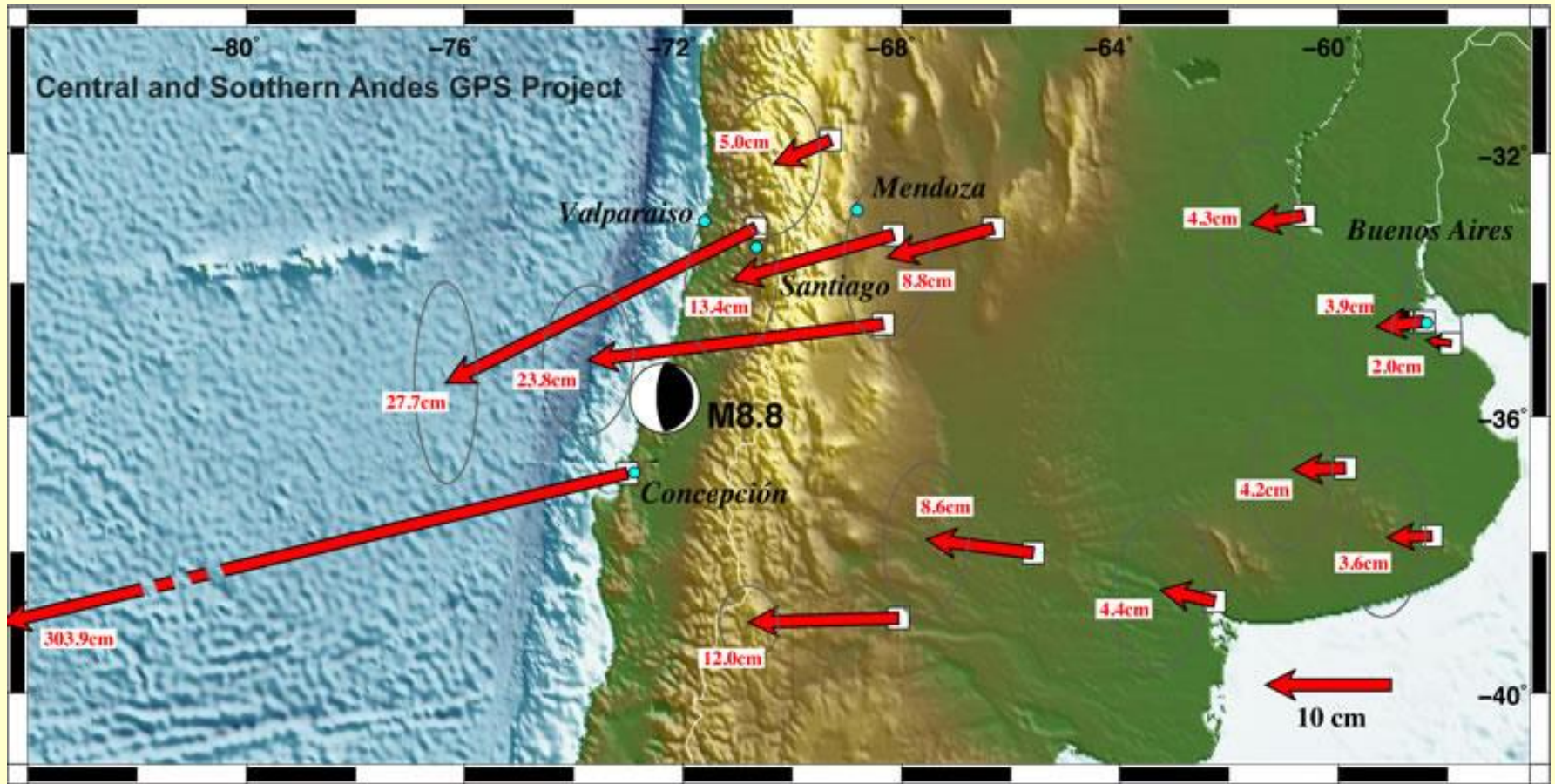
**Fig. 6.5** Distribuição geográfica das placas tectônicas da Terra. Os números representam as velocidades em cm/ano entre as placas, e as setas, os sentidos do movimento.

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



# Placas tectônicas

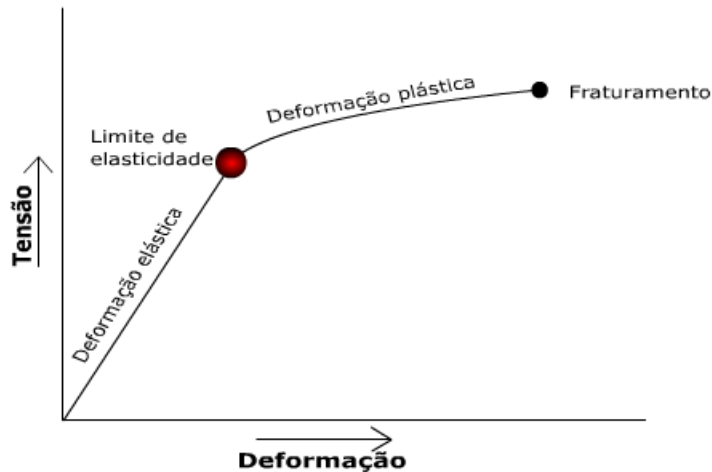
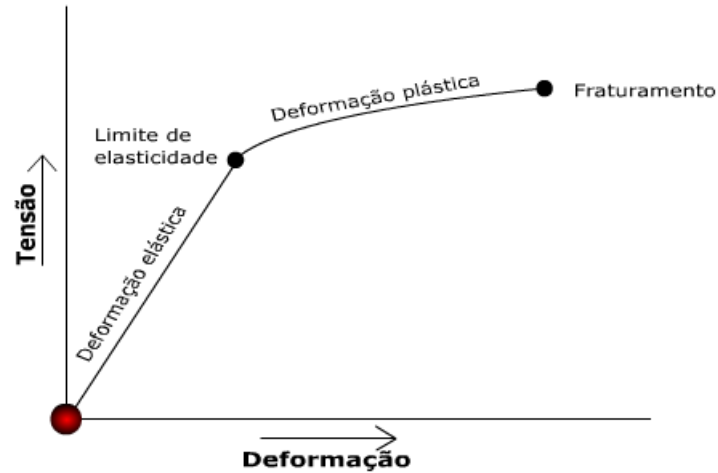
Deslocamento da crosta durante o terremoto do Chile M8,8 em 27/02/2010



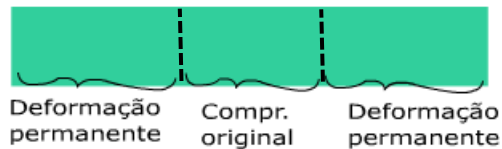
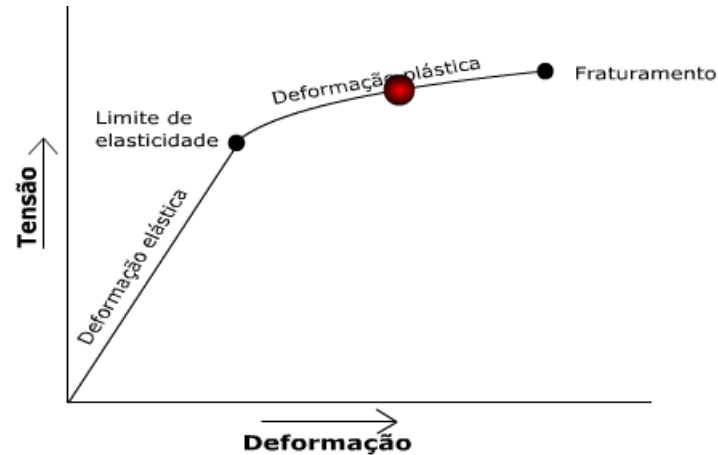
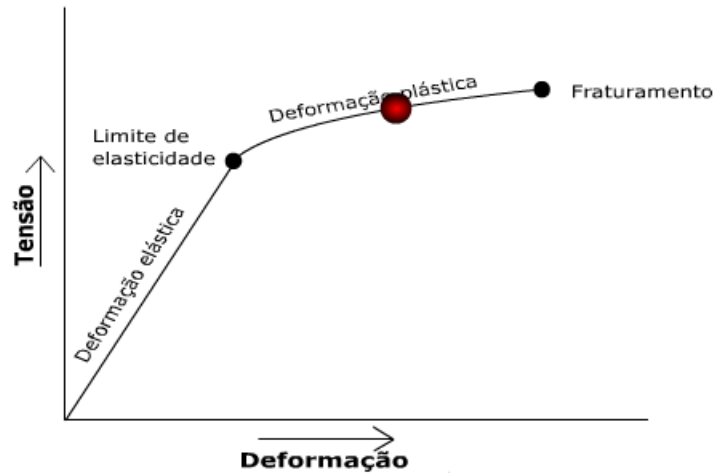
# Deformação nas rochas

- **Deformação elástica:**
  - reversível, assim que a tensão for retirada o corpo volta ao estado original
- **Deformação plástica (ductil):**
  - irreversível.
  - forma estruturas internas (foliação ou xistosidade de rochas metamórficas) e dobras.
- **Deformação rúptil:**
  - os corpos rochosos são quebrados,
  - forma juntas e falhas.

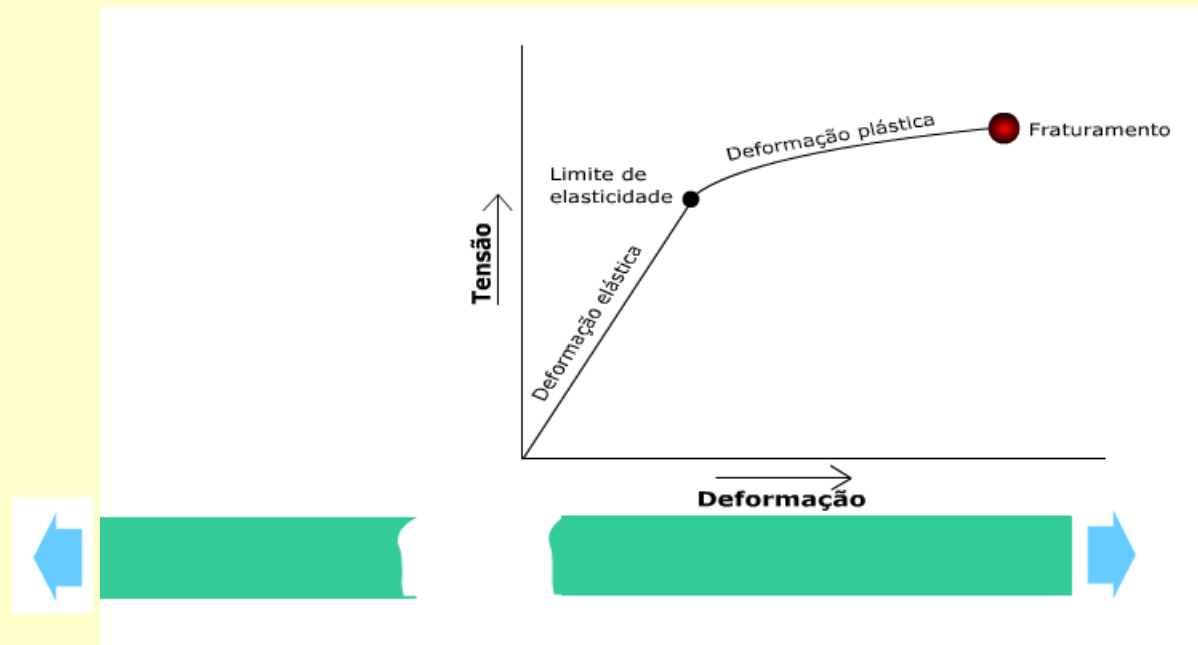
Se a deformação não exceder o limite da elasticidade a rocha retorna ao tamanho original



Se a deformação exceder o limite da elasticidade a rocha sobre uma deformação permanente



Se a deformação exceder o limite do fraturamento a rocha se rompe



# O que controla o tipo de deformação das rochas?

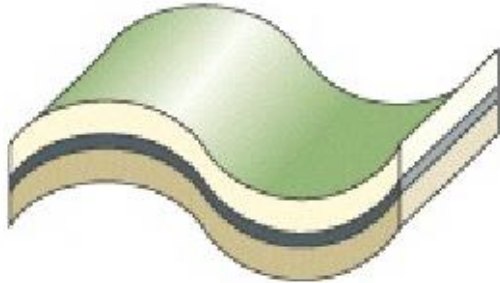
- O tipo de deformação que uma rocha sofre é controlado por vários fatores, sendo os mais importantes:
  - Pressão confinante (profundidade)
  - Temperatura
  - Características composicionais do próprio material

# Mecanismos de Deformação

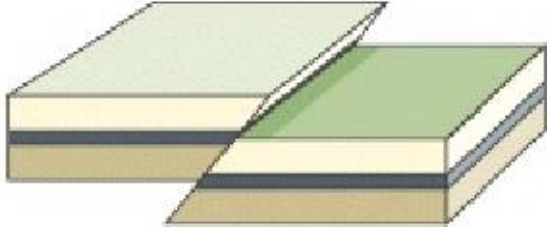
**Forças compressivas**



**DOBRAMENTO**



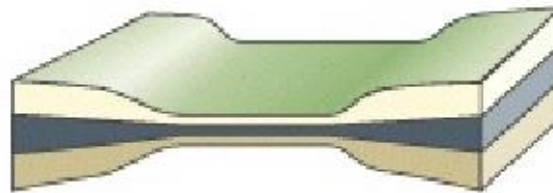
**FALHA**



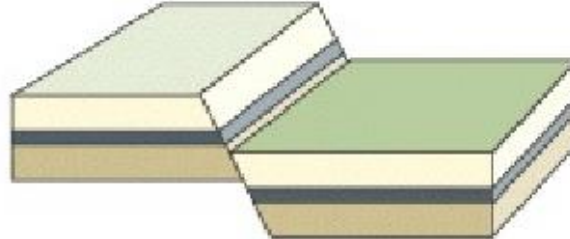
**Forças extensionais**



**ESTIRAMENTO e AFINAMENTO**



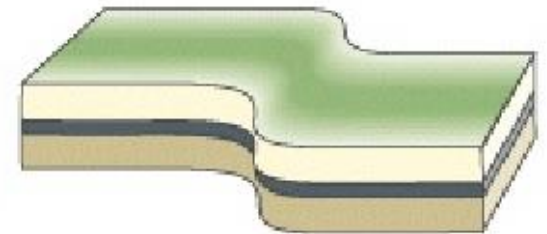
**FALHA**



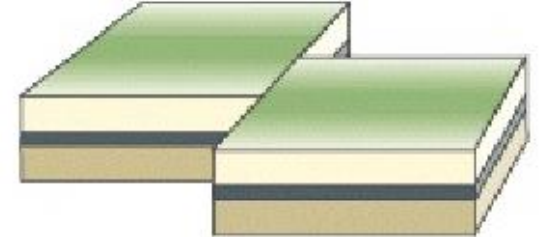
**Forças cisalhantes**



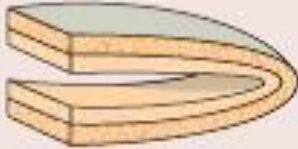
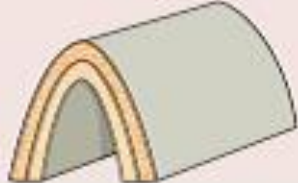
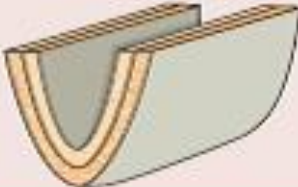

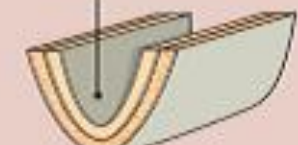
**CISALHAMENTO**



**FALHA**



## TIPOS DE DOBRAS

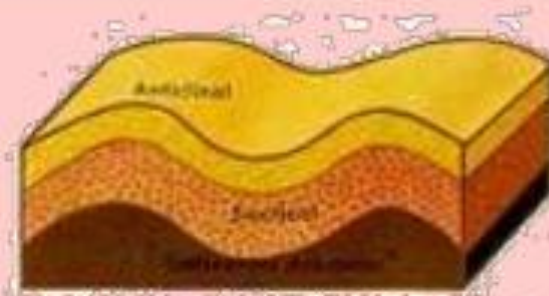
CRITÉRIO DE CLASSIFICAÇÃO	NOME	CARACTERIZAÇÃO
Disposição espacial da dobra	Dobra neutra	Dobra cuja abertura se orienta lateralmente. 
	Antiforma	Dobra cuja abertura está dirigida para baixo. 
	Sinforma	Dobra cuja abertura está voltada para cima. 
Disposição, na dobra, da sequência estratigráfica	Anticlinal	No núcleo da antiforma, encontram-se as rochas mais antigas. 
	Sindinal	No núcleo da sinforma, encontram-se as rochas mais recentes. 



# Tipos de Dobras :

## Tipos de Dobras

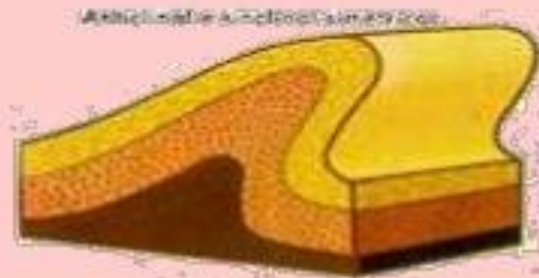
Dobras  
Verticais

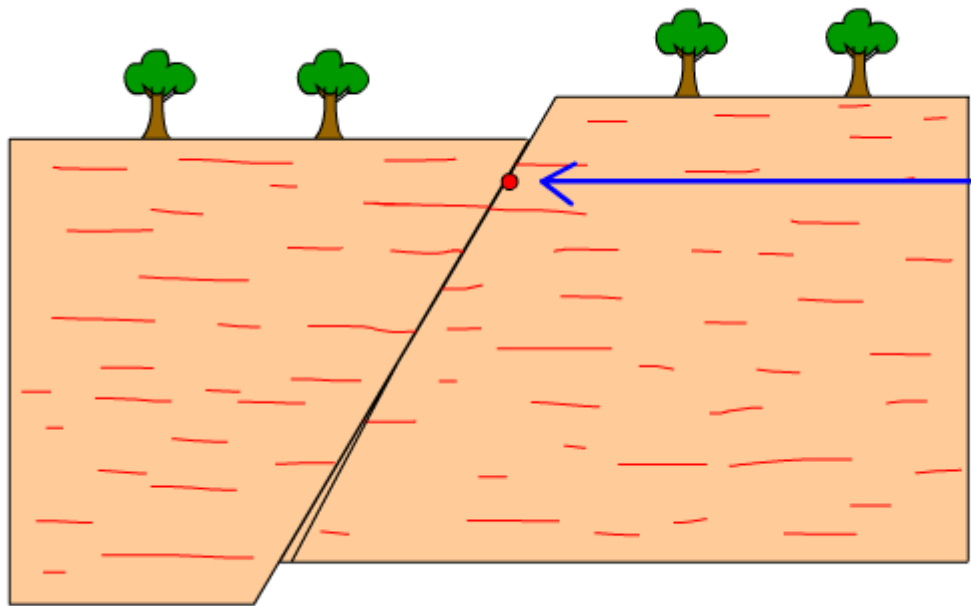


Dobras  
Inclinadas

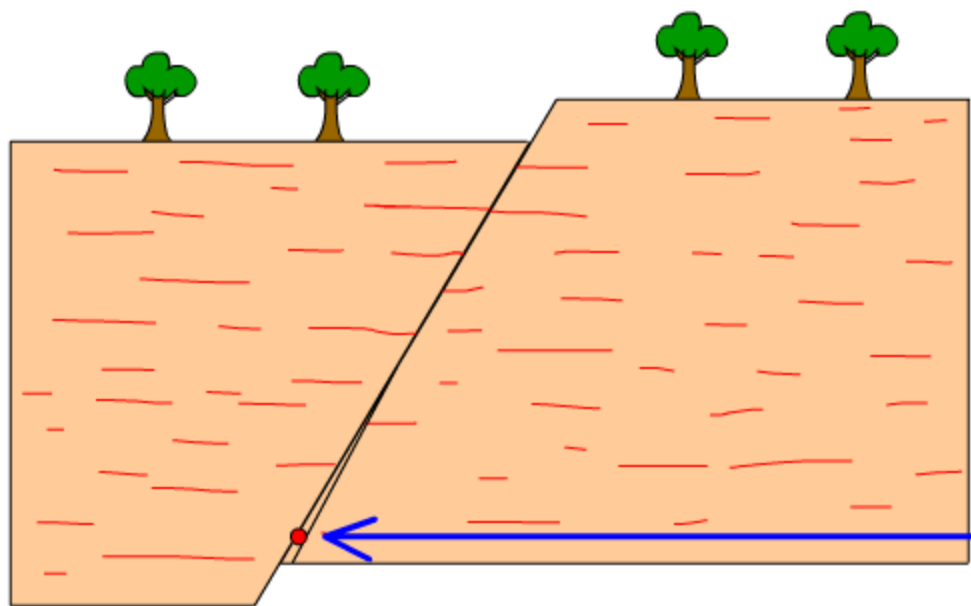
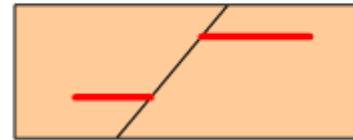


Dobras  
Deitadas

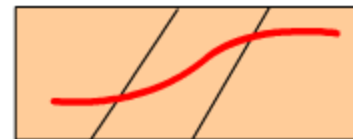




**Baixa temperatura  
- falha**



**Temperatura  
elevada  
- zona de  
cisalhamento**



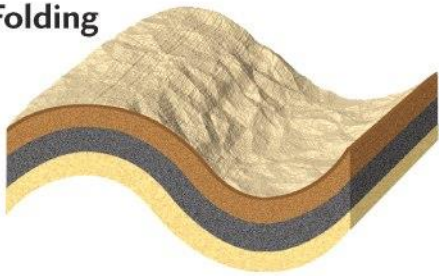
# Deformação dúctil

- A deformação dúctil é controlada por altas pressões confinantes e altas temperaturas
- Foliação, dobras e lineação são geradas nas rochas

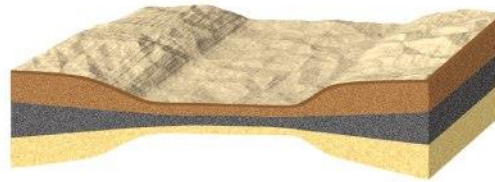


Ductile materials undergo smooth, continuous plastic deformation and do not spring back to their original shape when the deforming force is released.

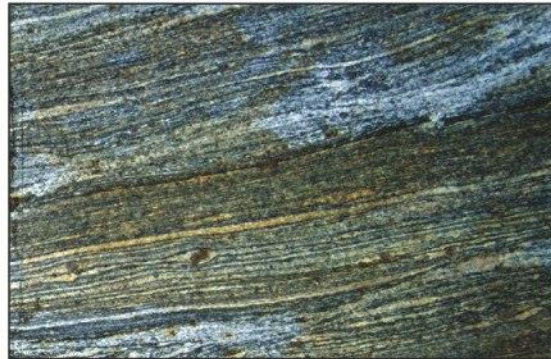
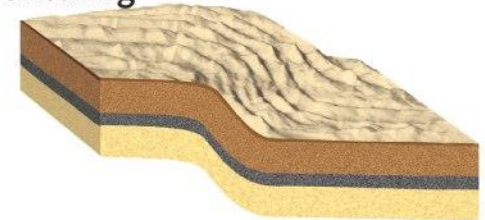
Folding



Stretching



Shearing



Folding = dobramento  
Stretching = estiramento  
Shearing = cisalhamento

Fig. Story 11.6

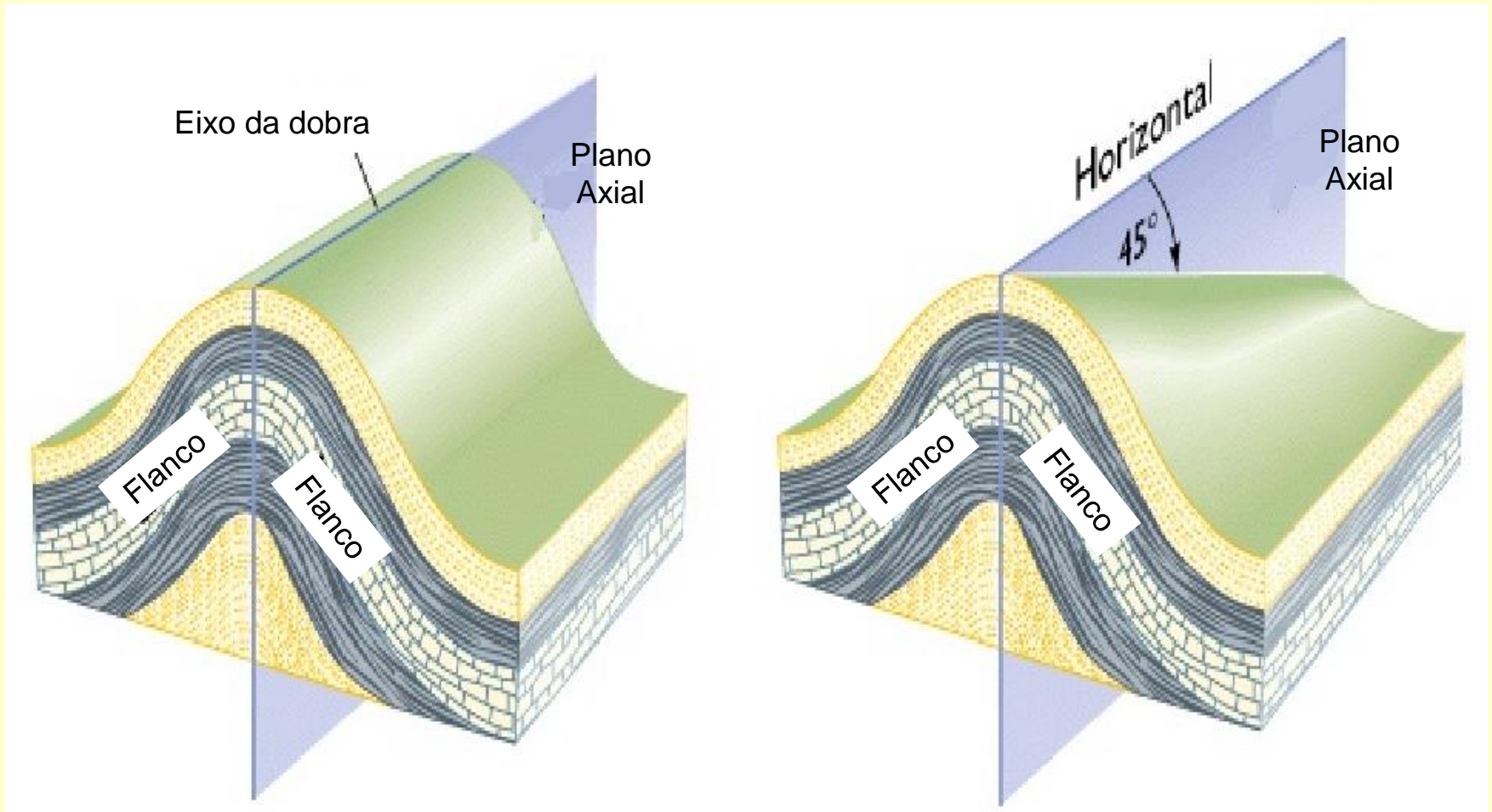
# Dobras

- Elementos geométricos da dobra: plano axial, eixo, flancos
- Dobra anticlinal e sinclinal
- Tipos: simétrica, assimétrica, deitada, recumbente, isoclinal, monoclinal

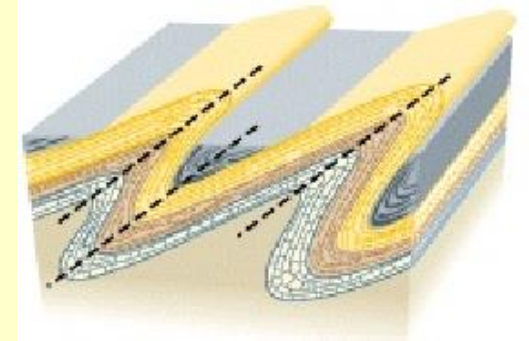
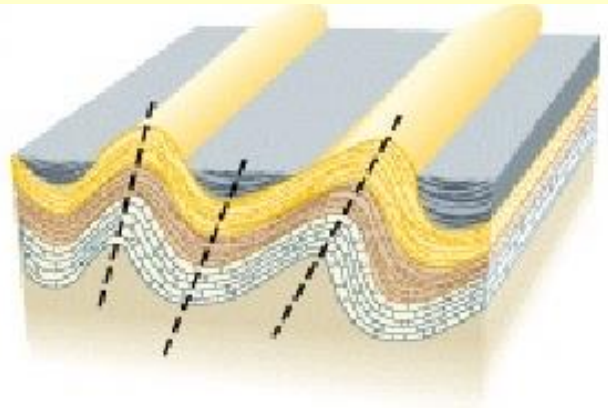
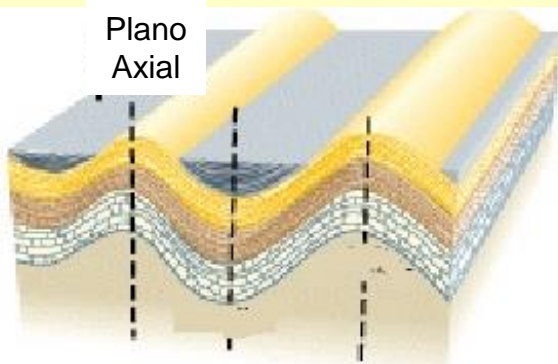


# Elementos geométricos da dobra

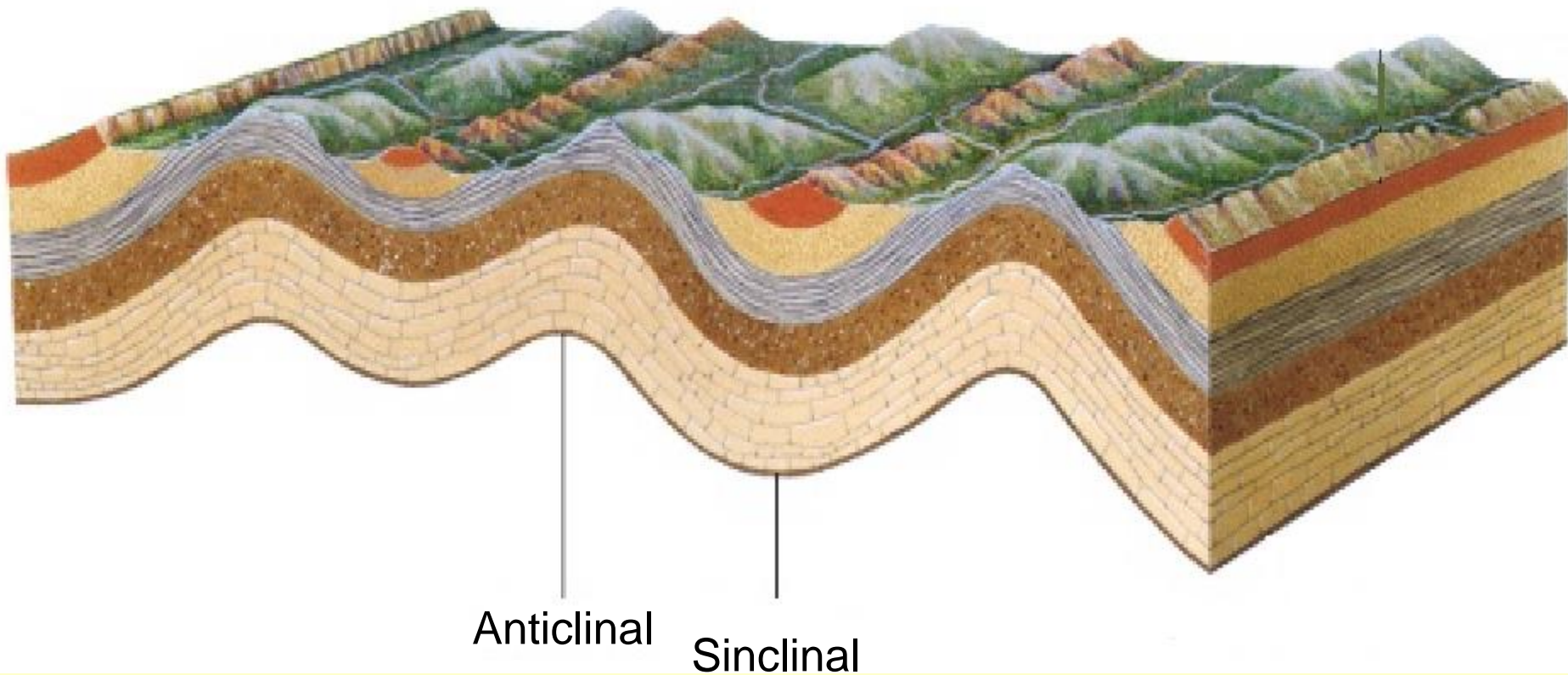
## Plano axial, eixo e flancos



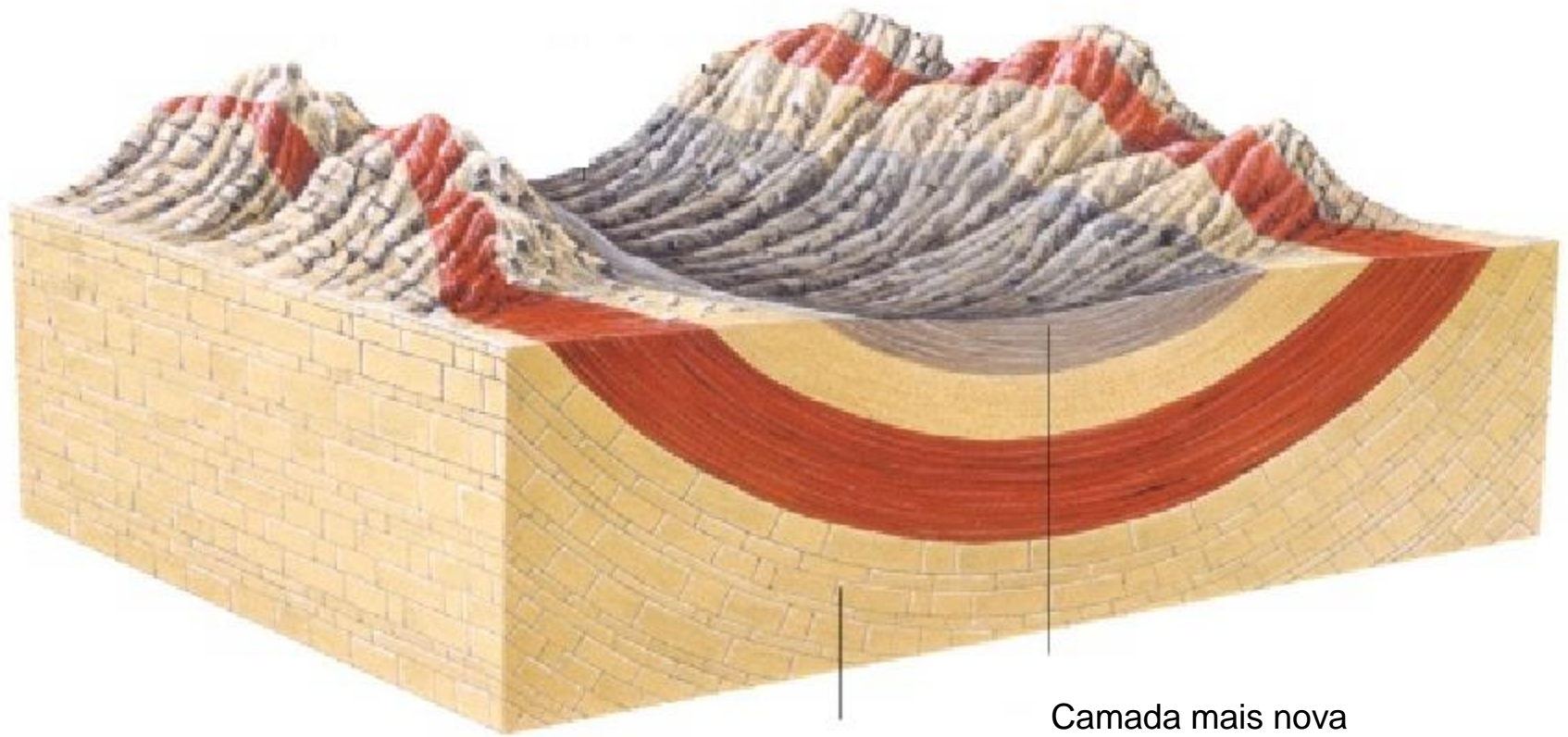
# Tipos de Dobras



# Dobra anticlinal e sinclinal

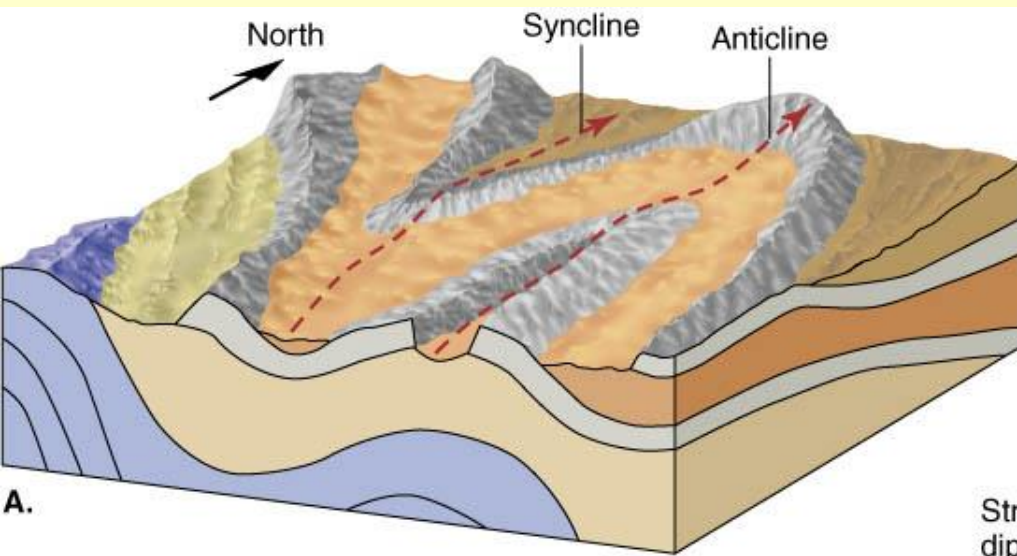






Camada mais velha

Camada mais nova



A.

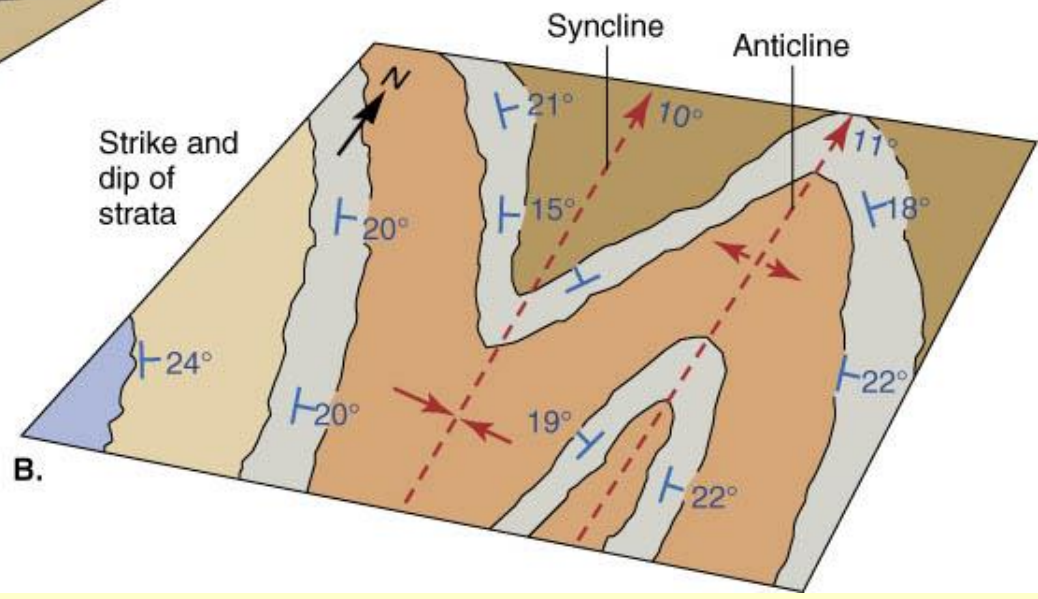
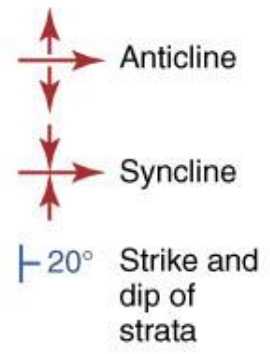


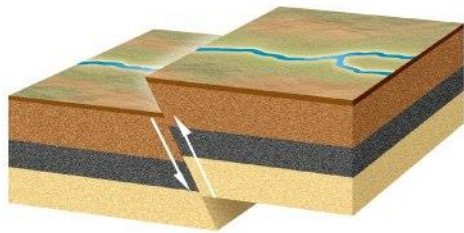
Figure 9.25

# Deformação rúptil

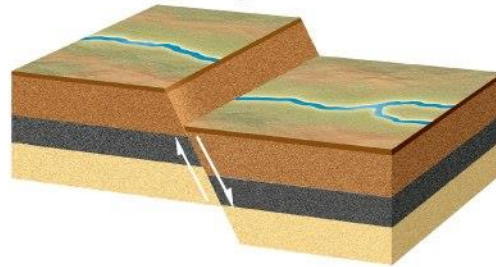
- A deformação rúptil é controlada por baixas pressões confinantes e baixas temperaturas
- Falhas e juntas são geradas nas rochas

Brittle materials change a little and then break suddenly.

Reverse faulting



Normal faulting



Strike-slip faulting

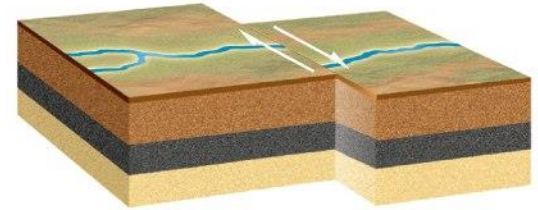


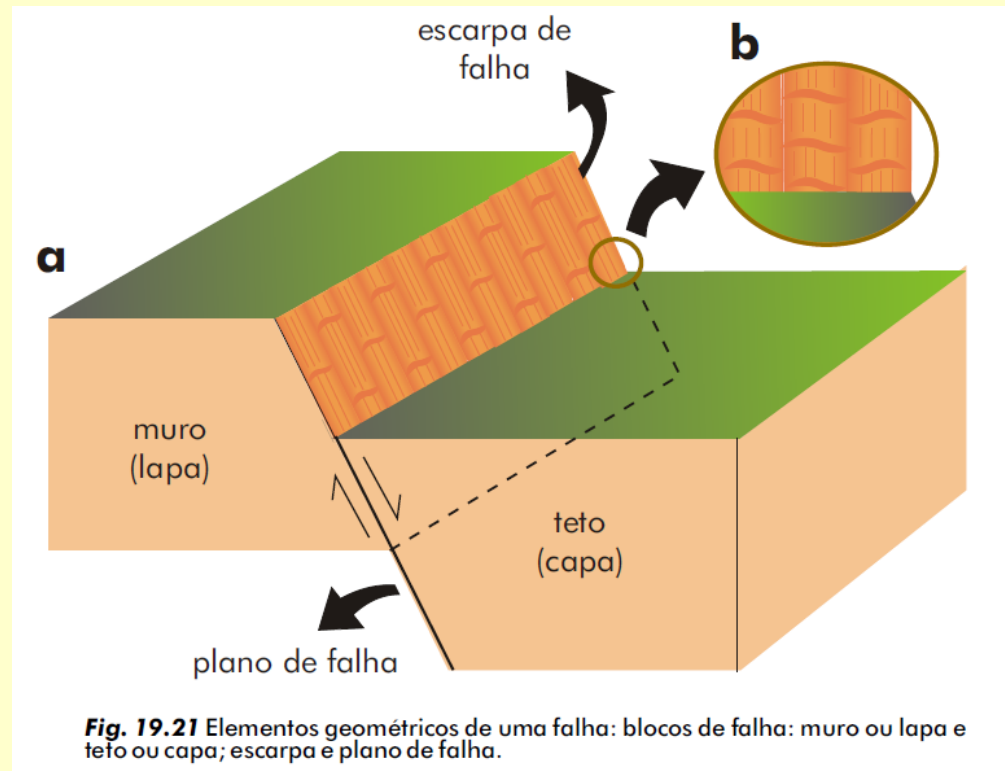
Fig. Story 11.6

# Falhas

- As **falhas** são formadas por movimentos abruptos e são marcadas por **fraturas ao longo das quais ocorre movimento**
- O plano da falha separa o corpo rochoso em dois blocos principais, a **capa** e a **lapa**
- As falhas podem envolver pequenos movimentos, cujo **rejeito** varia entre poucos centímetros até centenas de quilômetros

# Falhas

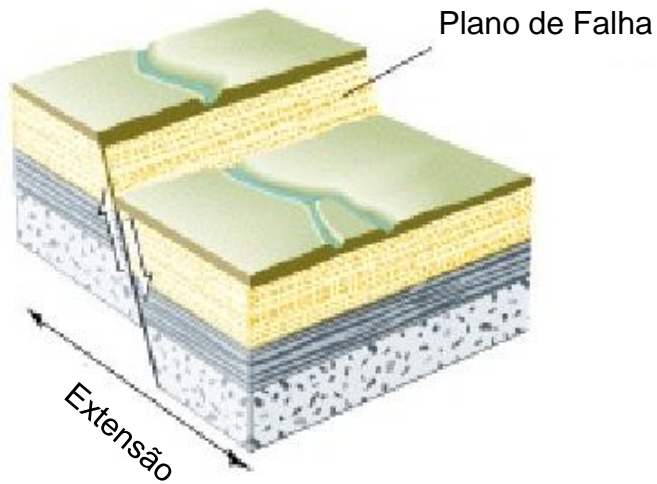
- Elementos geométricos
  - plano de falha
  - direção e mergulho
  - rejeito



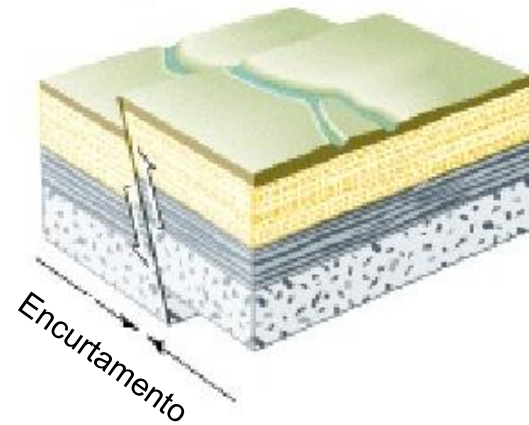


# Tipos de Falhas

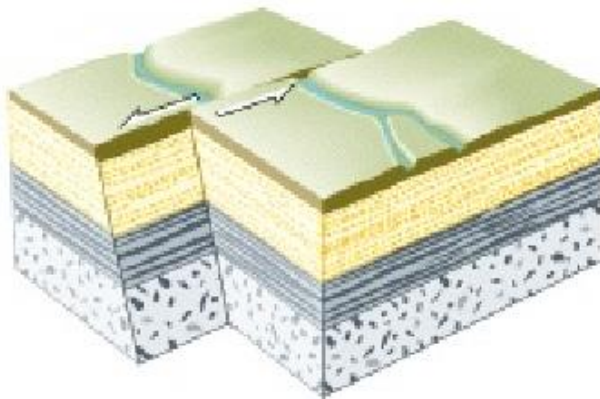
**Falha Normal**



**Falha Inversa**



**Falha Trancorrente**



**Falha Normal e Trancorrente**





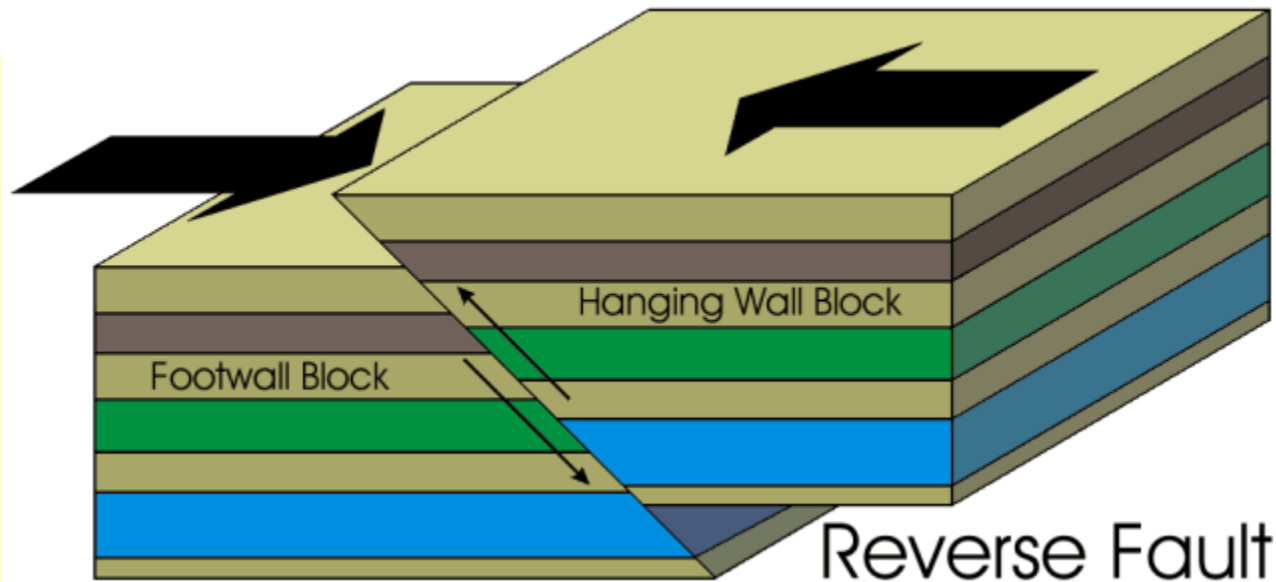
# Falha normal

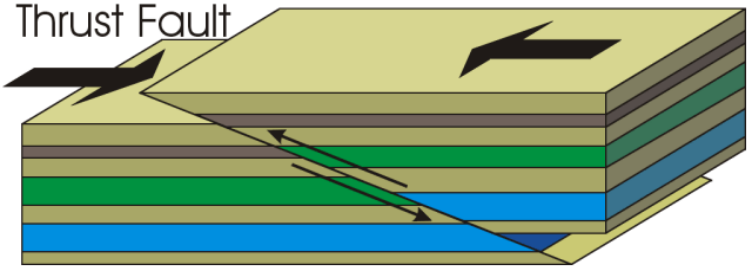


# Falha reversa



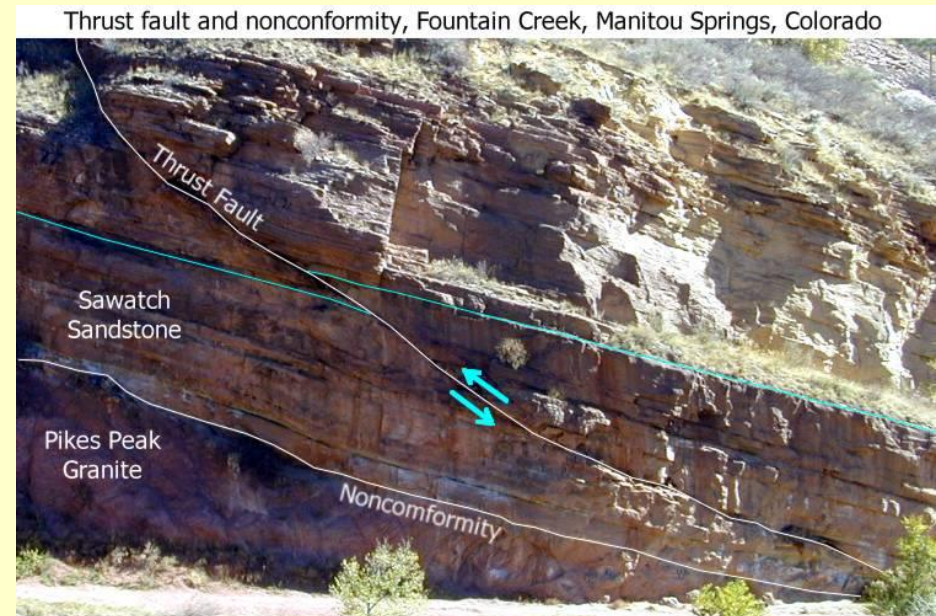
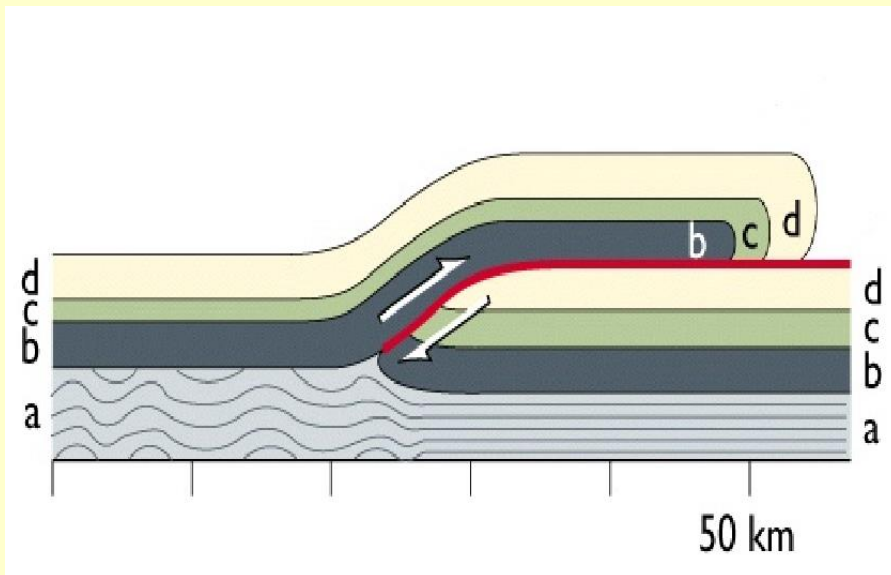
Reverse fault in Entrada Fm., Grand Staircase-Escalante National Monument, Utah





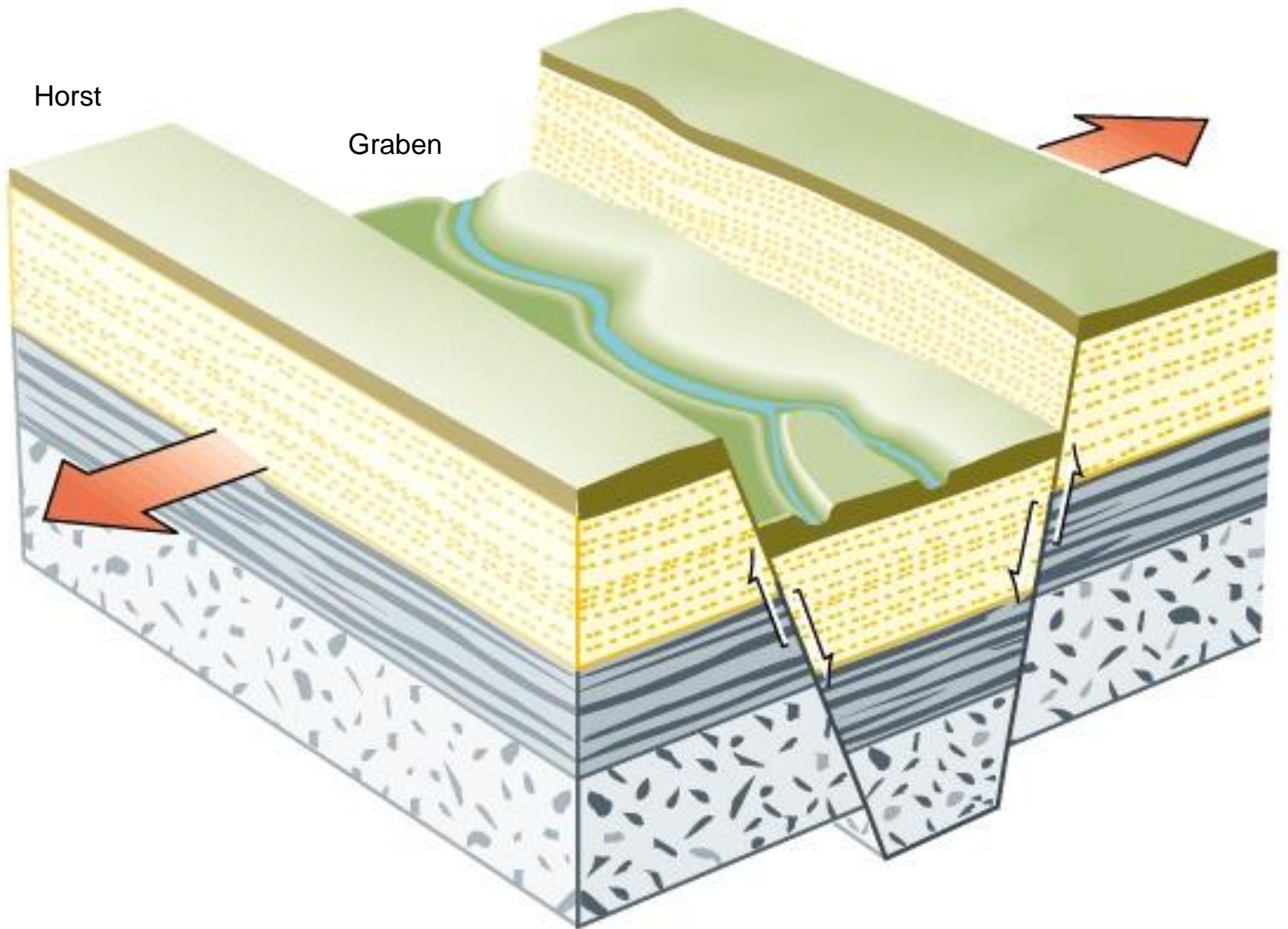
# Falha de empurrão

- Falha de empurrão ou cavalgamento é um tipo especial de falha reversa
- O plano de falha é de baixo ângulo e essas falhas podem envolver transportes de dezenas a centenas de quilômetros

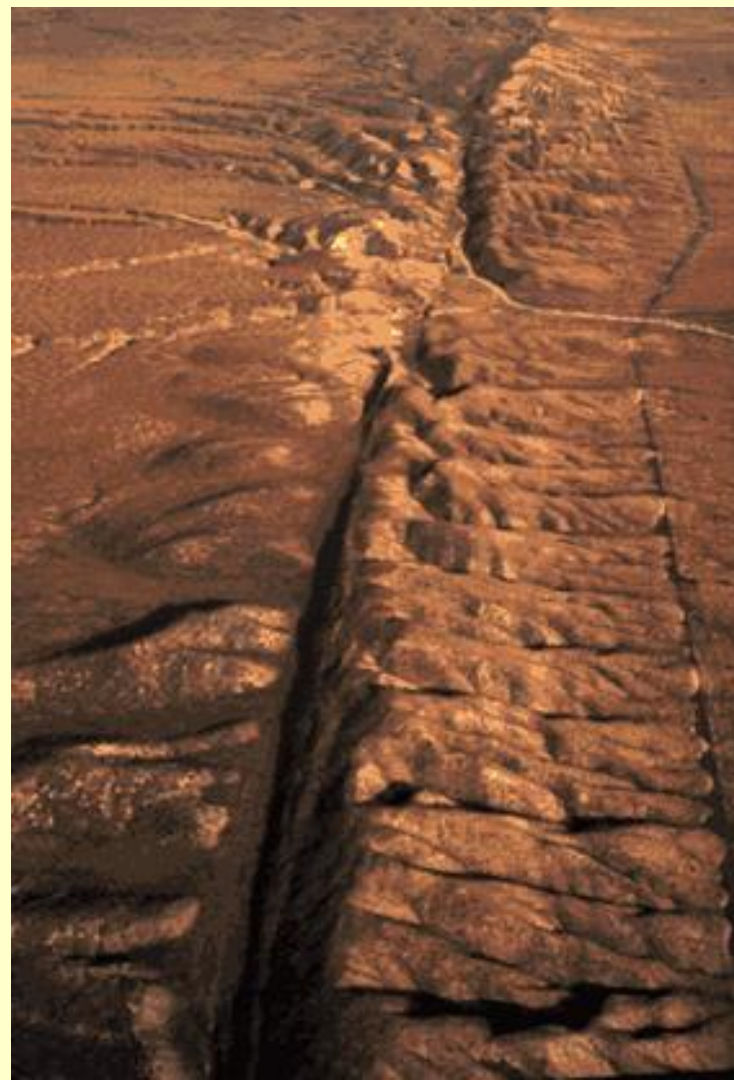
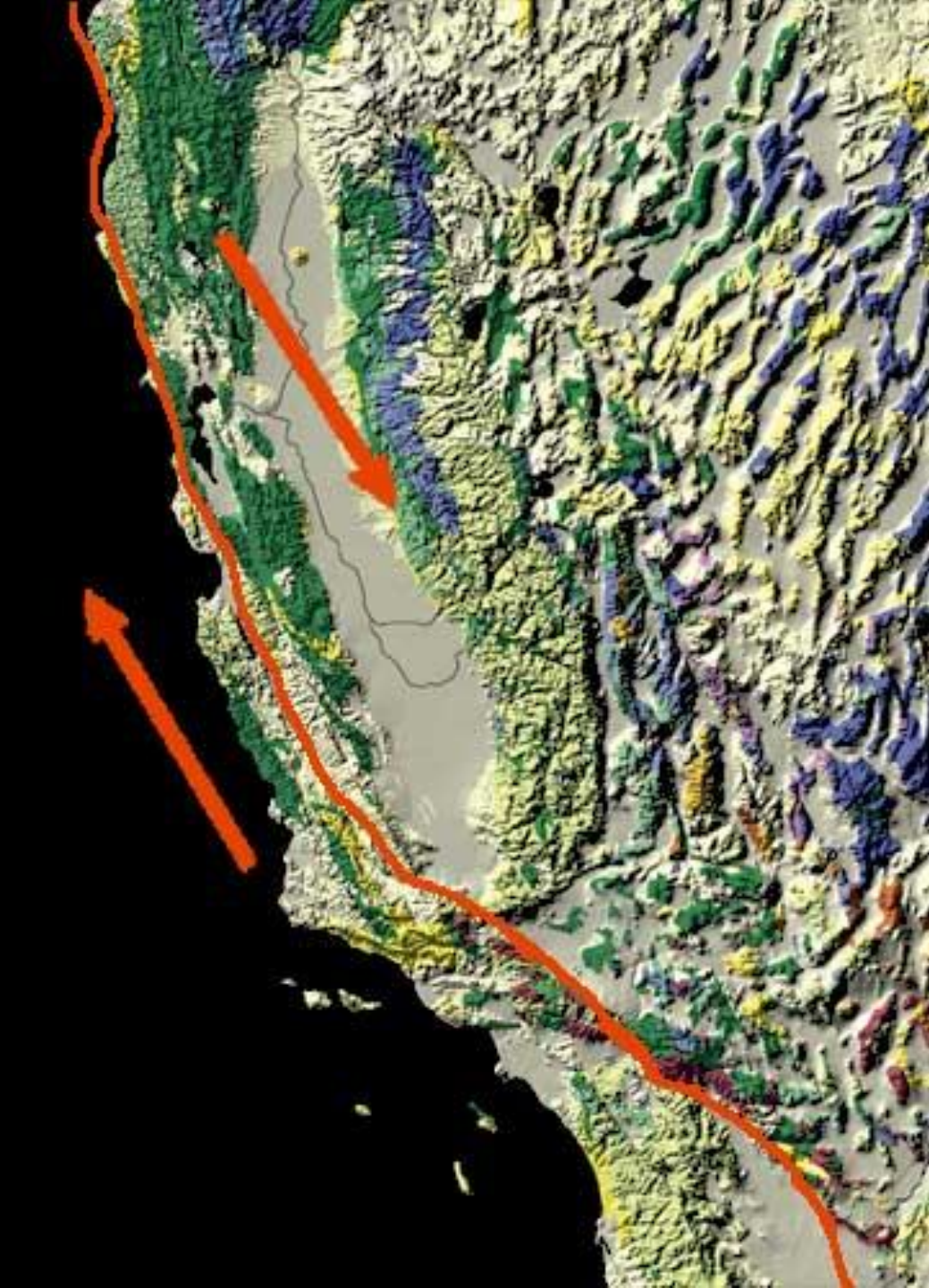


Horst

Graben



Falha transcorrente  
Falha de San Andreas - Califórnia



# Juntas

- Juntas: fraturas sem movimentação dos blocos
- Juntas conjugadas e de alívio de pressão

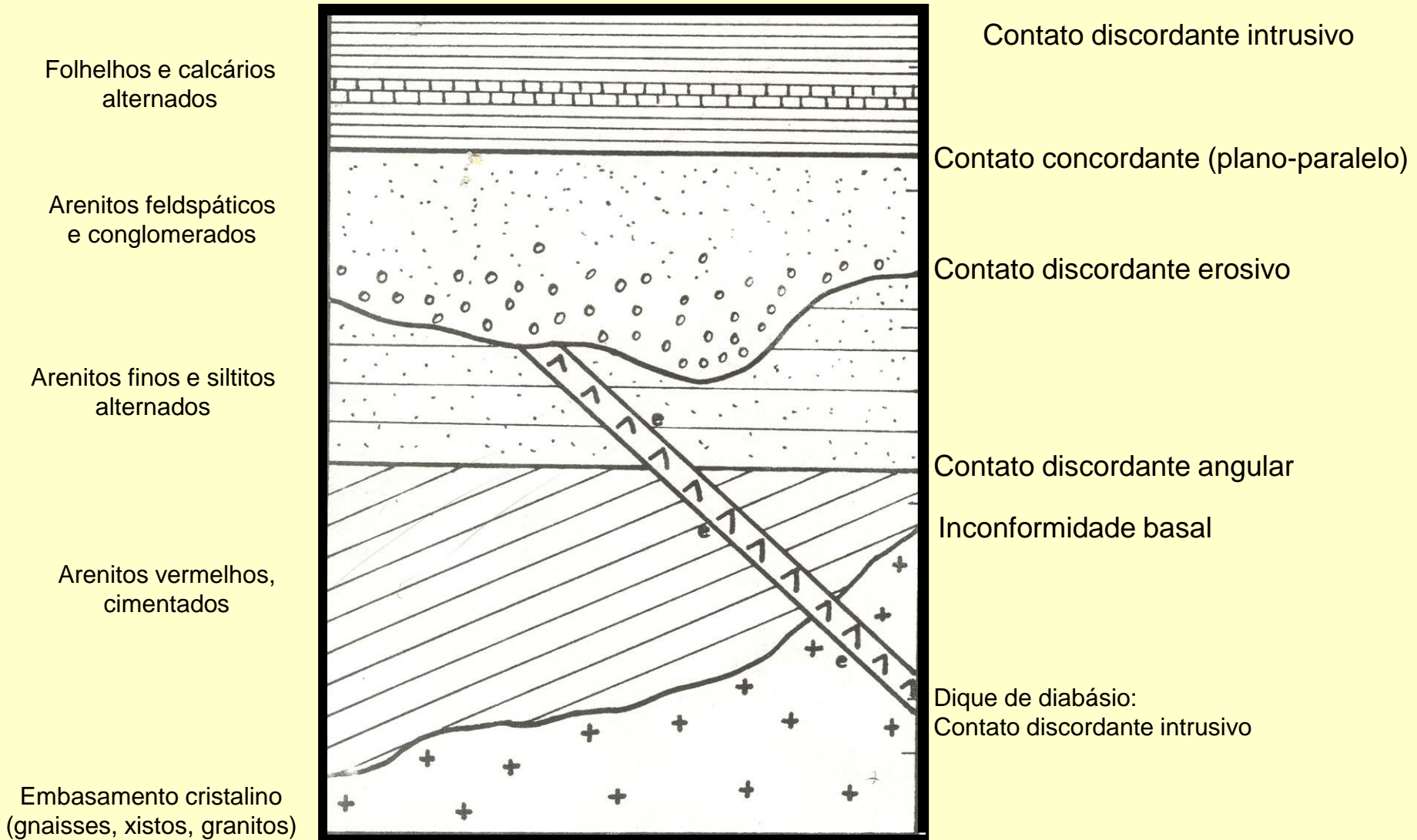


# CONTATOS

- Limites entre corpos ou maciços rochosos
- Tipos:
  - discordante ou concordante intrusivo
  - concordantes (entre camadas de sedimentos)
  - incorformidade
  - contato discordante angular
  - contato discordante erosivo
- Hiato: falta de registro geológico



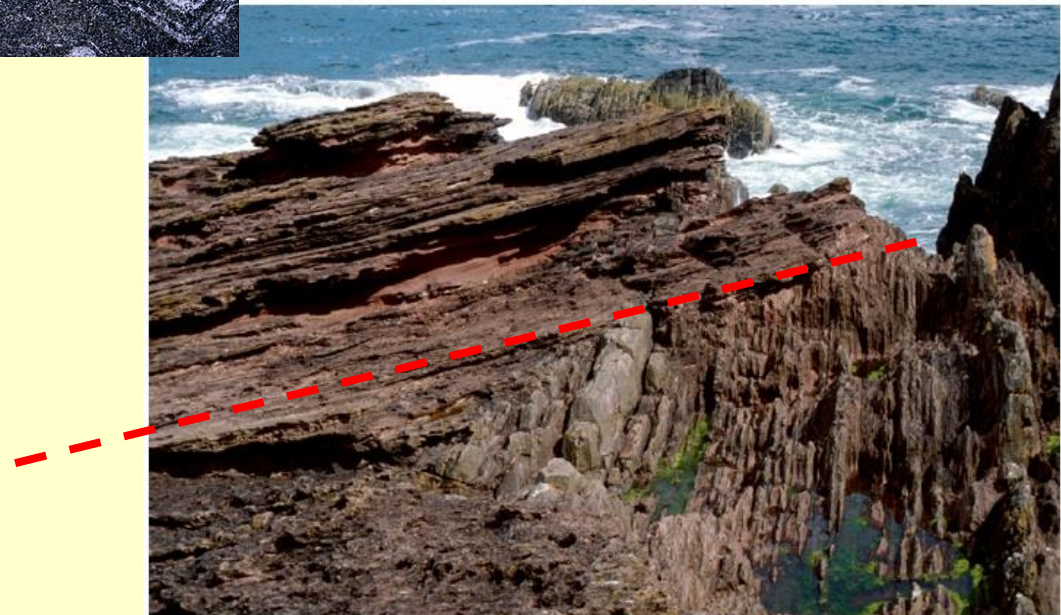
# Tipos de Contatos



# Contato discordante intrusivo do dique em rocha metamórfica



# Contato Discordante Angular

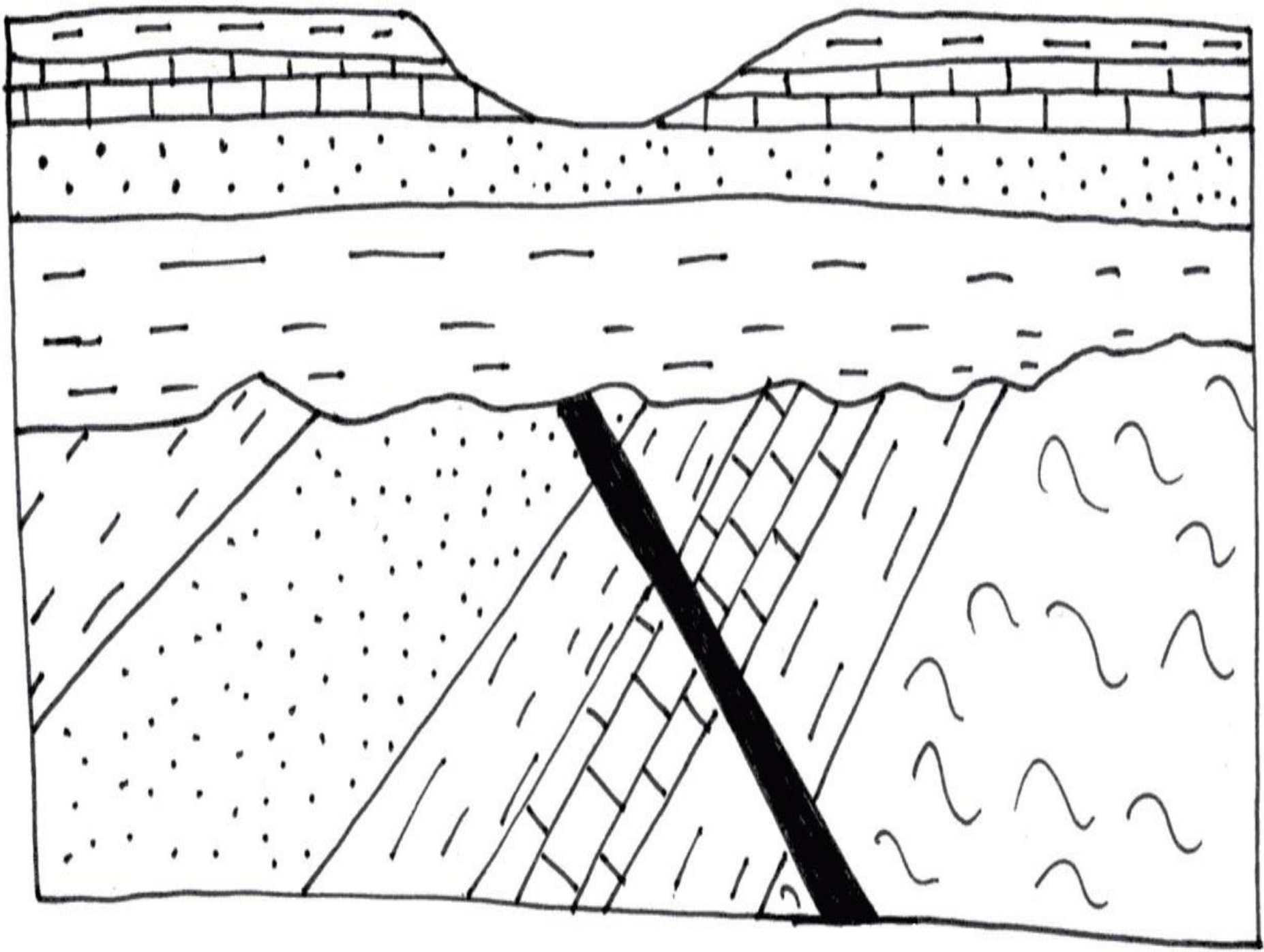


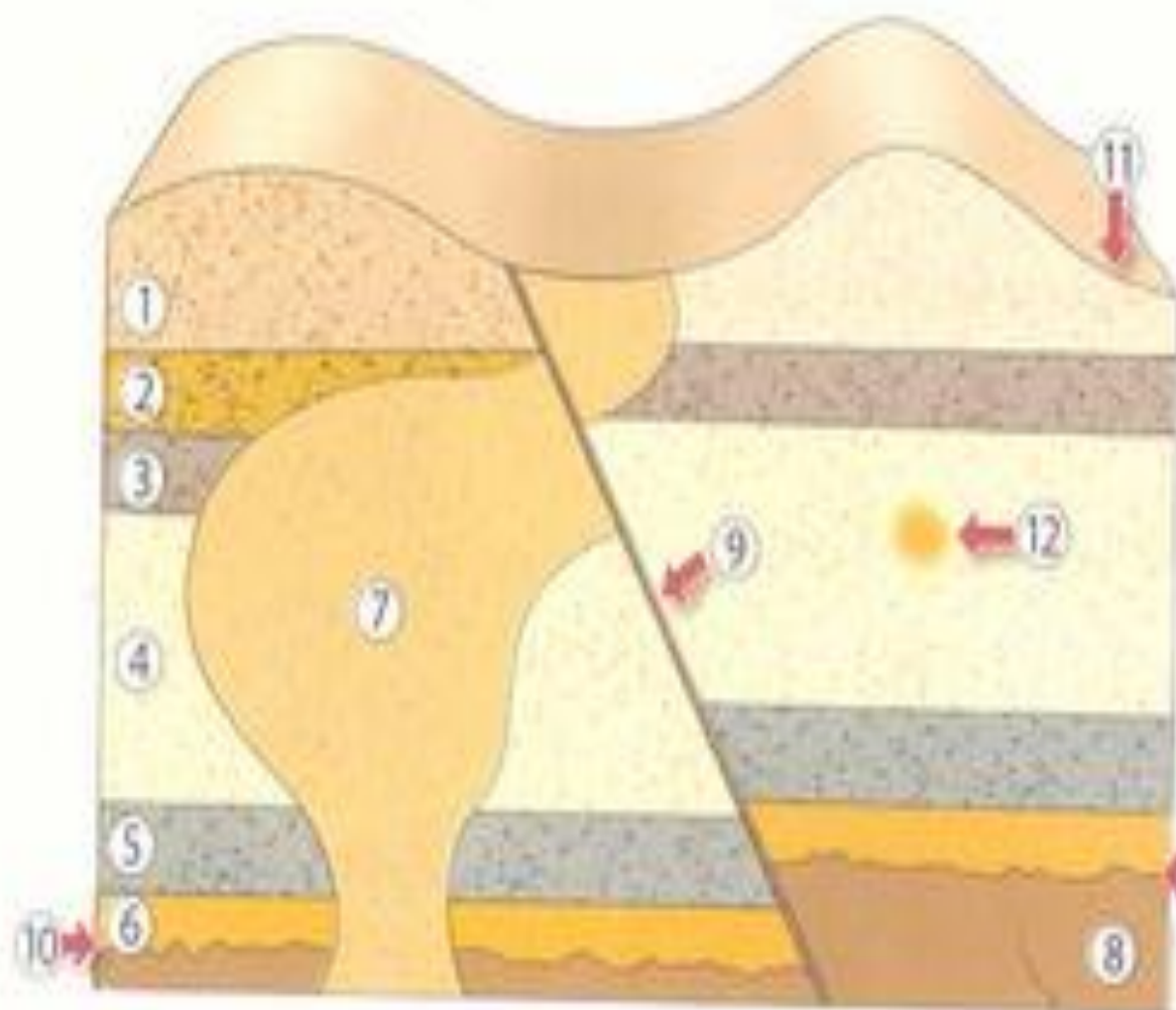
# Estruturas na Construção Civil

- Foliação, juntas e falhas: zonas de debilidade, infiltração de água (túneis), escoamento de água (barragens e represas).
- Falhas ativas ou reativadas: afetam as construções, terremotos.
- **CONCLUSÃO: *imprescindível o estudo das estruturas em maciços rochosos.***

# BIBLIOGRAFIA

- TEIXEIRA, W., FAIRCHILD, T., TOLEDO, M.C.M. & TAIOLI, F. (2009) **Decifrando a Terra**. 2<sup>o</sup> Edição, São Paulo, SP: Companhia Editora Nacional. 623 p. (pode ser a 1<sup>a</sup> edição)
- PRESS, F., SIEVER, R. GROTZINGER, J. e JORDAN, T.H. (2006) **Para entender a Terra**. Tradução R. Menegat (coord.), 4<sup>a</sup> Edição, Porto Alegre, RS: Bookman. 656p.
- site <http://ansatte.uit.no/kku000/webgeology/>





- ① Marga
- ② Calcário
- ③ Argila
- ④ Arenito
- ⑤ Conglomerado
- ⑥ Calcário
- ⑦ Intrusão ígnea
- ⑧ Calcário margoso
- ⑨ Falha
- ⑩ ⑪ Superfícies de erosão
- ⑫ Inclusão