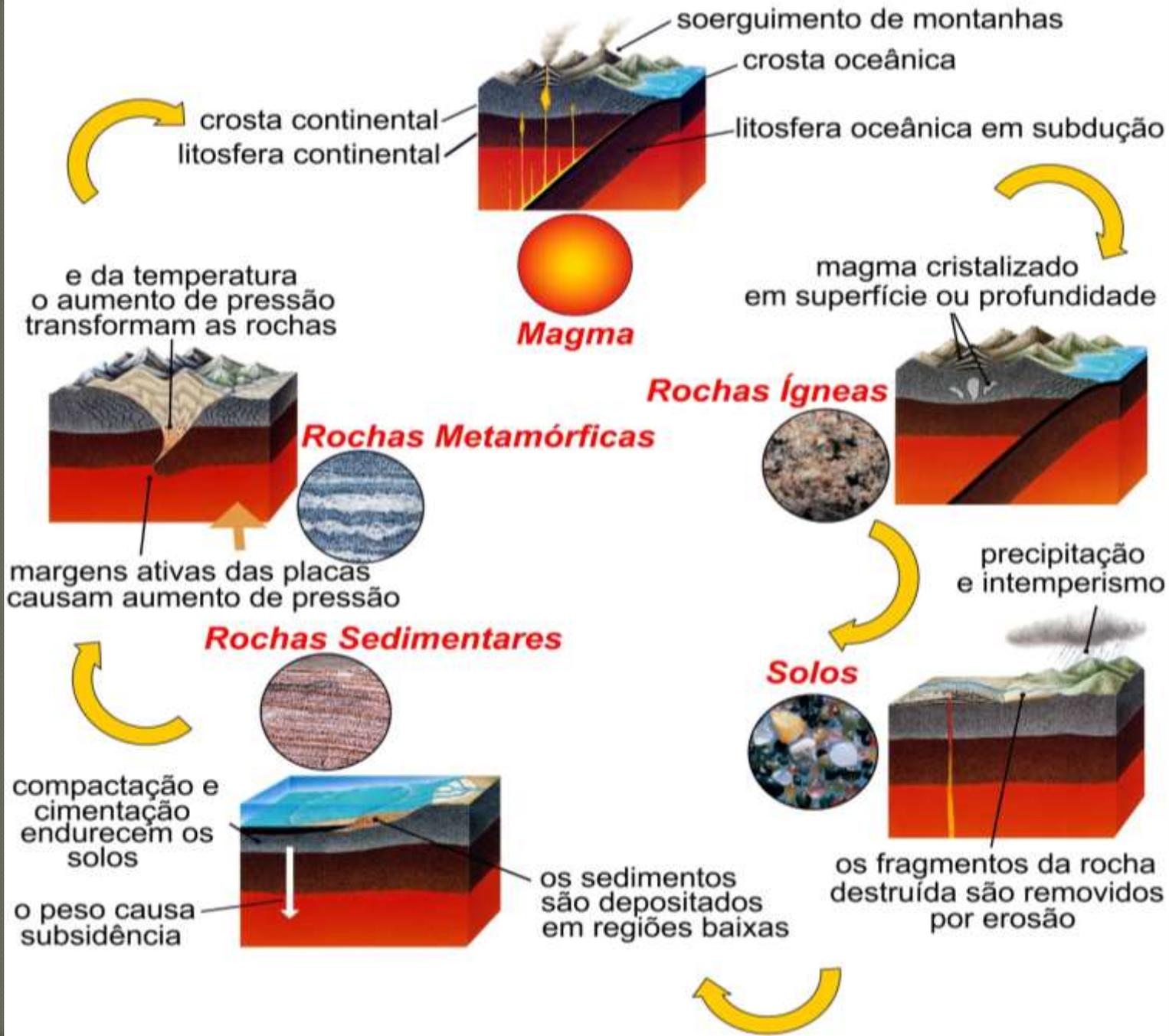




**Aula 5 - Petrologia das
rochas metamórficas**

O Ciclo das Rochas



METAMORFISMO

META = MUDANÇA
MORPHO = FORMA



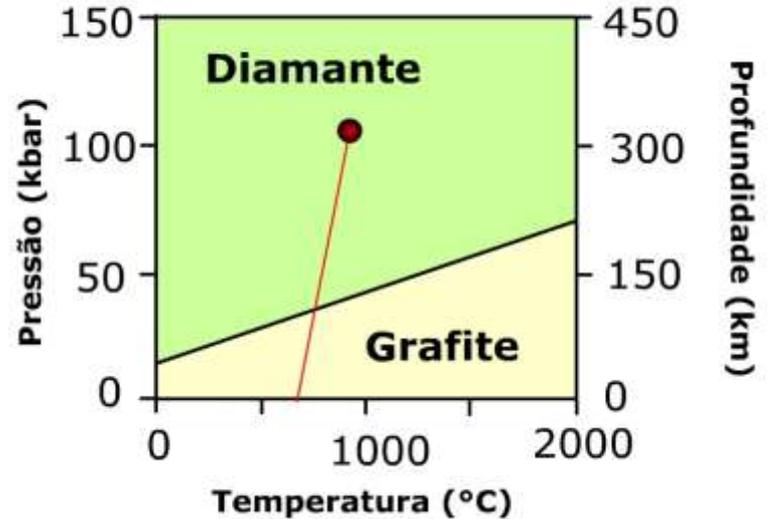
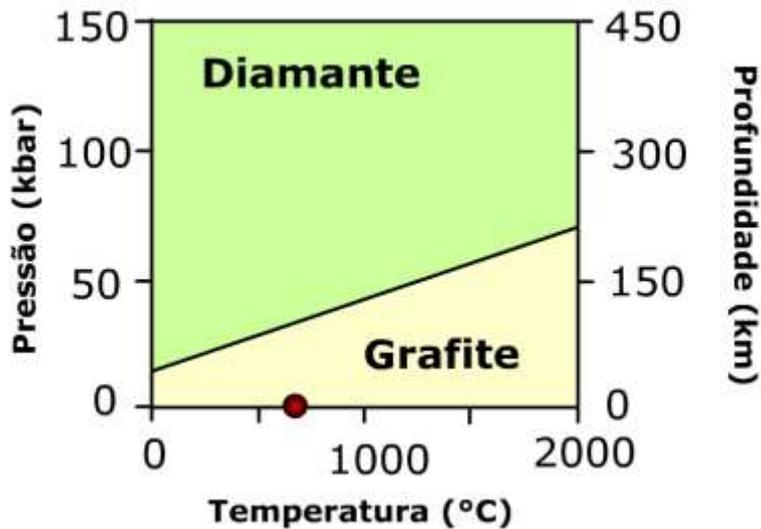
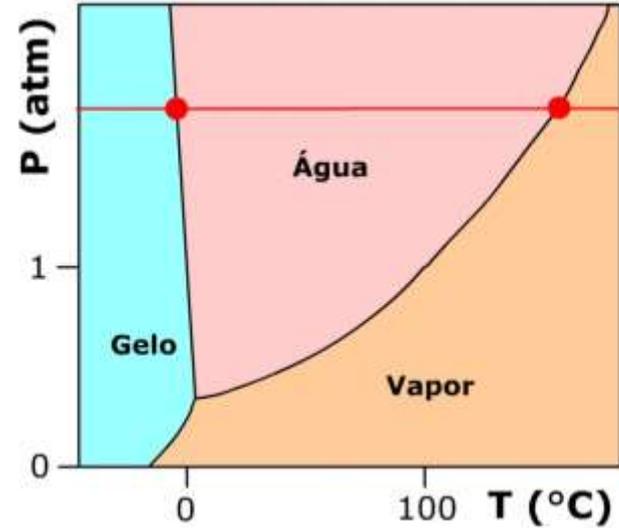
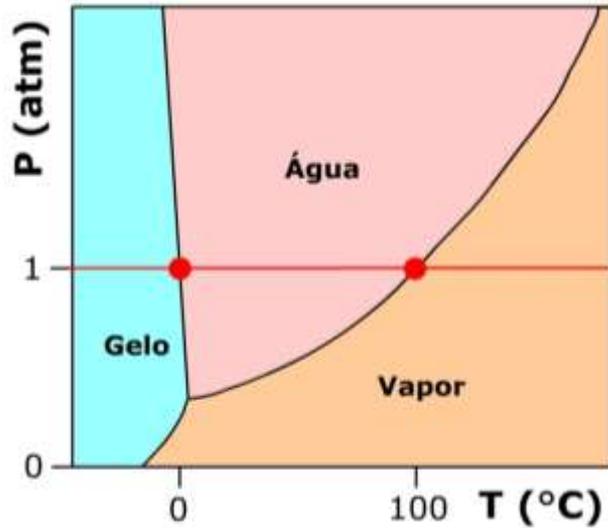
Agentes do metamorfismo

A) Temperatura: ao aprofundarem-se progressivamente sob um crescente número de camadas de sedimentos as rochas vão sofrendo temperaturas cada vez mais elevadas.

B) Pressão: a simples elevação de temperatura não é um fator determinante do metamorfismo, mas é principalmente a pressão em combinação com a temperatura que mais contribui para as profundas modificações das rochas.

C) Fluidos: os fluidos (tais como água, gás carbono, oxigênio, flúor, etc.) desempenham a função de facilitar as reações e transformações mineralógicas e a atividade química. A circulação de fluidos que ascendem na crosta passando pelas rochas é denominada de "alteração hidrotermal".

A influência das pressões



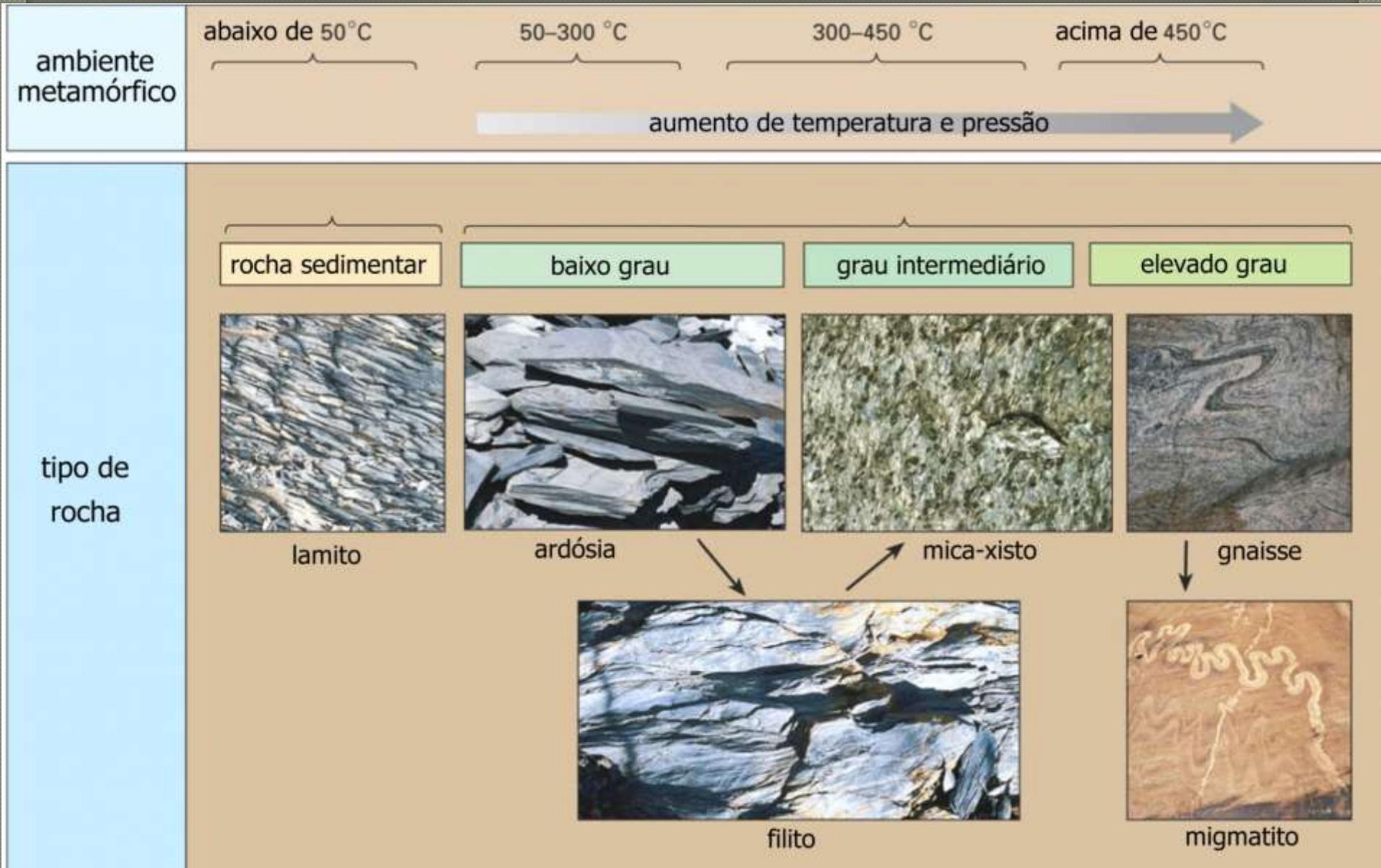
Caracteres metamórficos

- Deformação e orientação dos minerais
- Crescimento e recristalização de minerais
- Dobramento das bandas

Principais rochas metamórficas e seus protólitos

Protólito	200°C → → Cresce o grau de metamorfismo → → 800°C				
conglomerado	Metaconglomerado				
arenito	quartzito de baixo grau		quartzito de alto grau		
lamito (folhelho)	ardósia	filito	xisto (micaxisto)	gnaisse (paragnaisse)	migmatito
calcário	calcário metamórfico		mármore		
carvão	antracito		grafite		
granito				gnaisse (ortognaisse)	migmatito
basalto		xisto verde	xisto azul	eclogito	
basalto rico em olivinas		serpentinito	esteatita (pedra sabão)	anfibolito	

Metamorfismo dos lamitos



Metamorfismo dos lamitos

Baixo grau
200°C

Médio grau

Elevado grau
800°C

Quartzo

Feldspato

Clorita

Muscovita

Biotita

Granada

Estaurolita

Sillimanita

Cresce o tamanho dos grãos

Ardósia

Filito

Xisto

Gnaisse

Migmatito



Metamorfismo dos basaltos

Cresce o grau de metamorfismo

300°C



600°C

Cresce o tamanho dos minerais

Baixo grau

Grau intermediário

Elevado grau



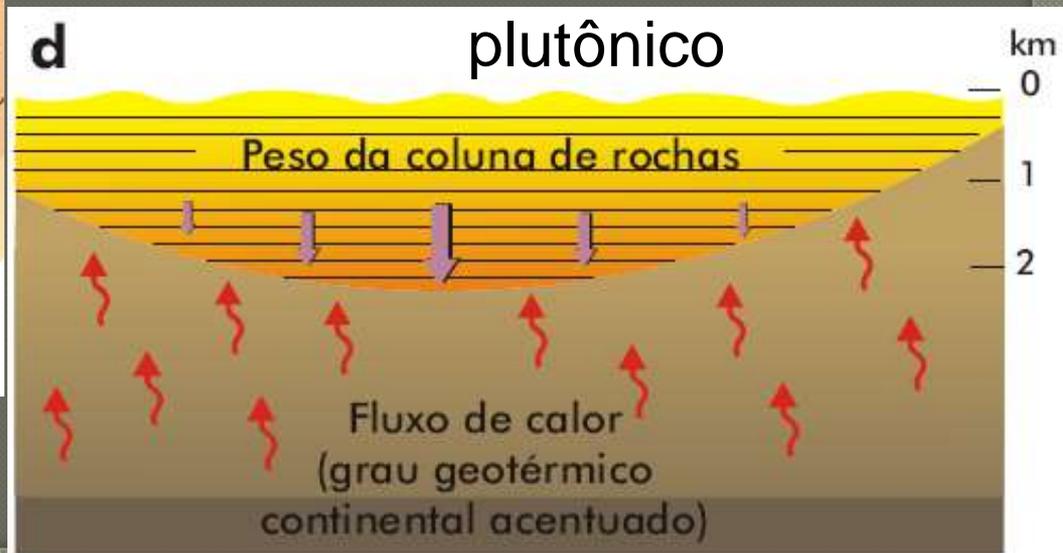
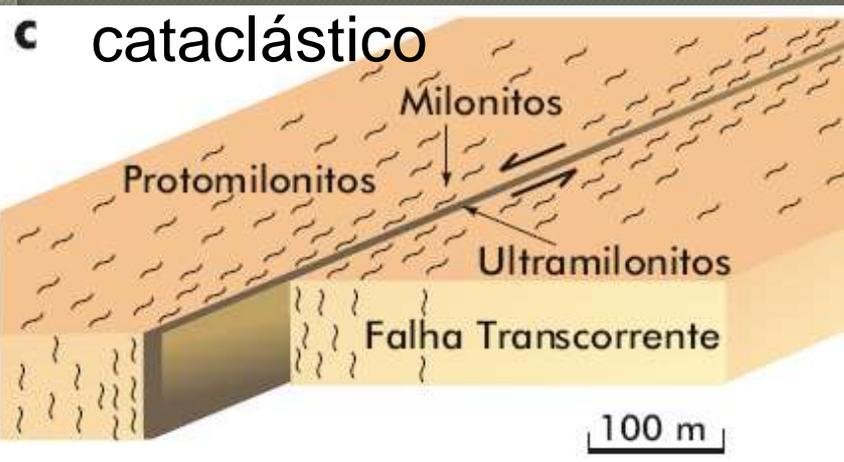
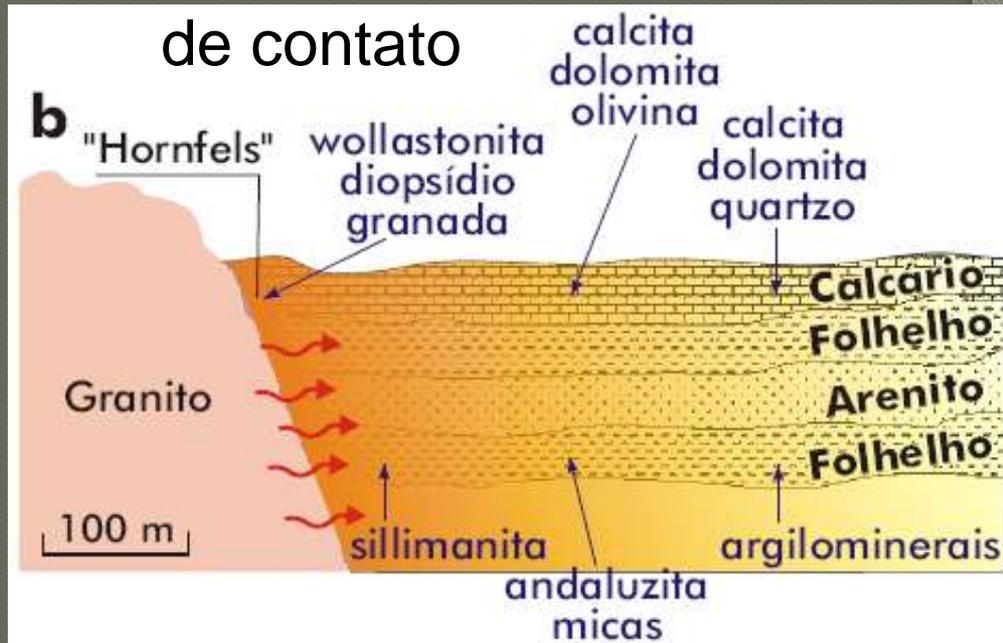
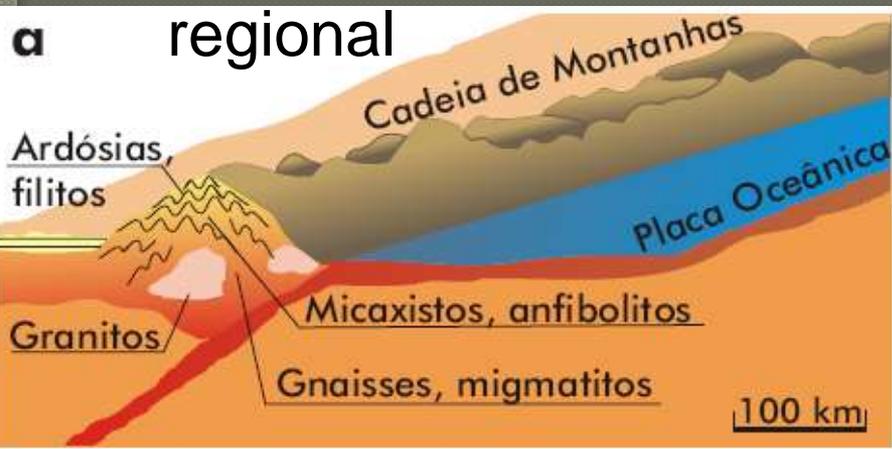
Basalto
Rocha ígnea

Xisto Verde

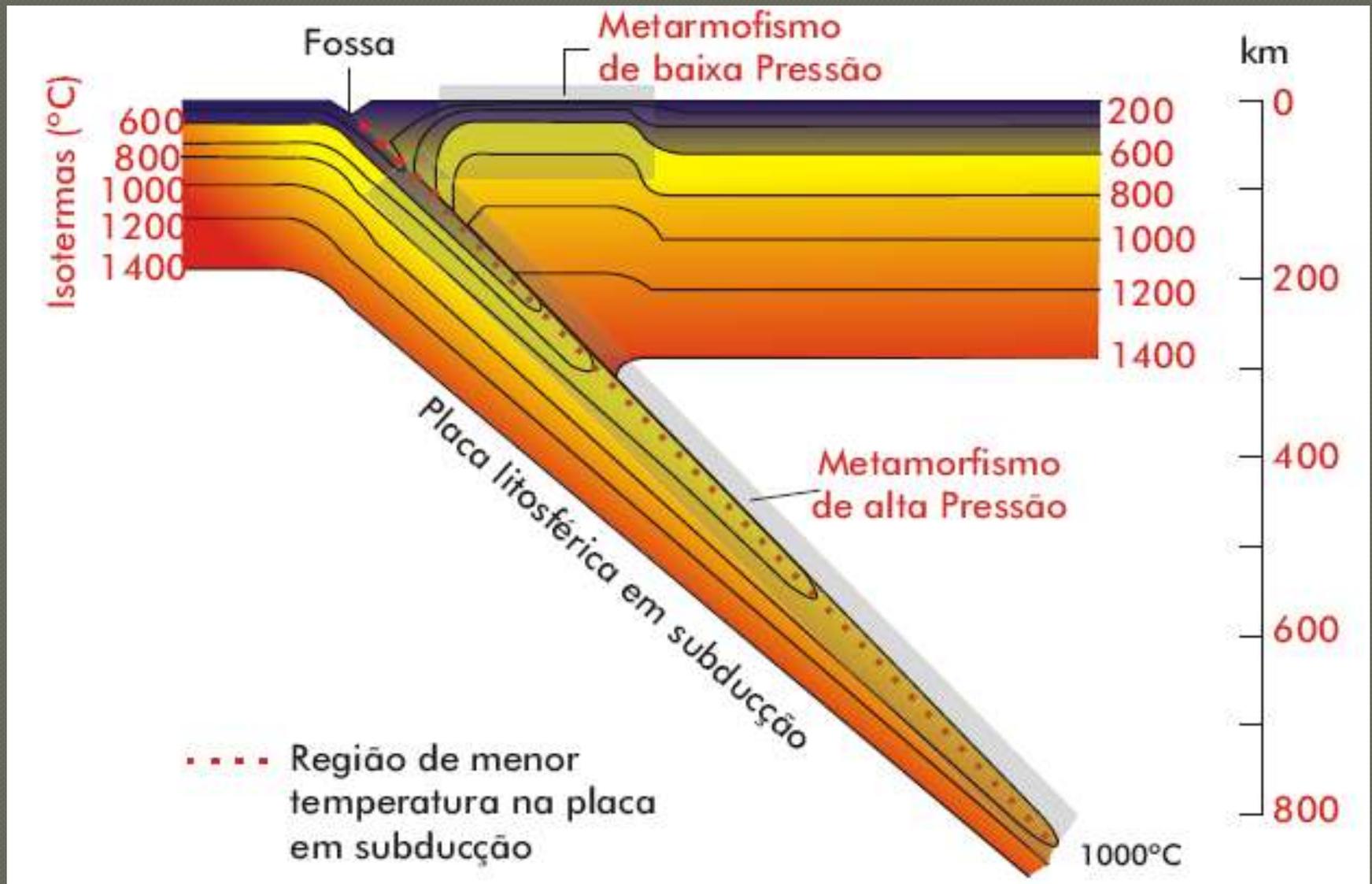
Xisto Azul

Eclogito

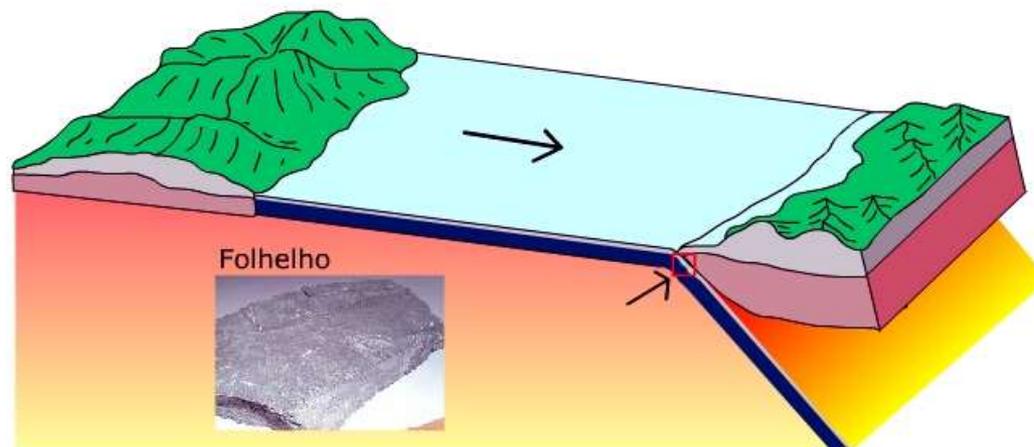
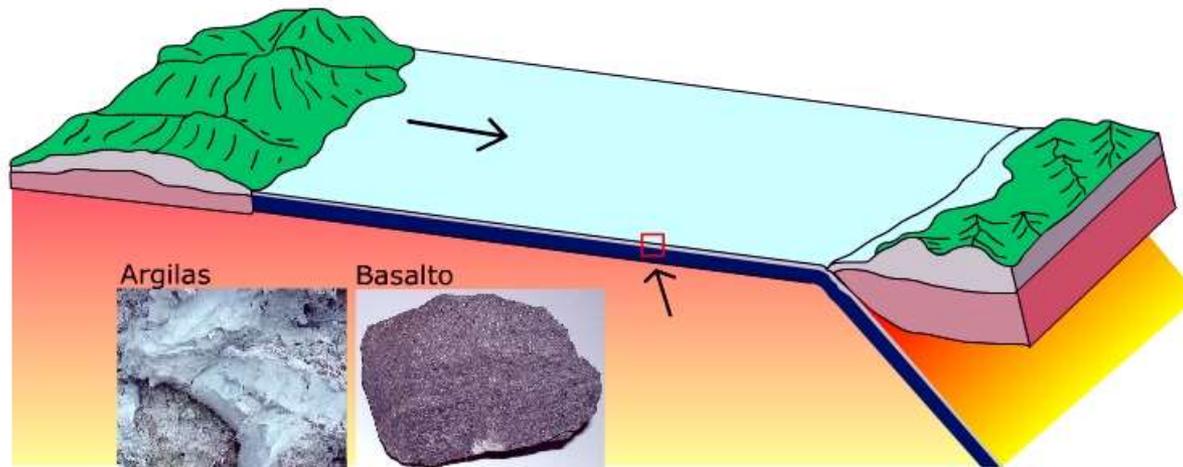
Tipos principais de metamorfismos

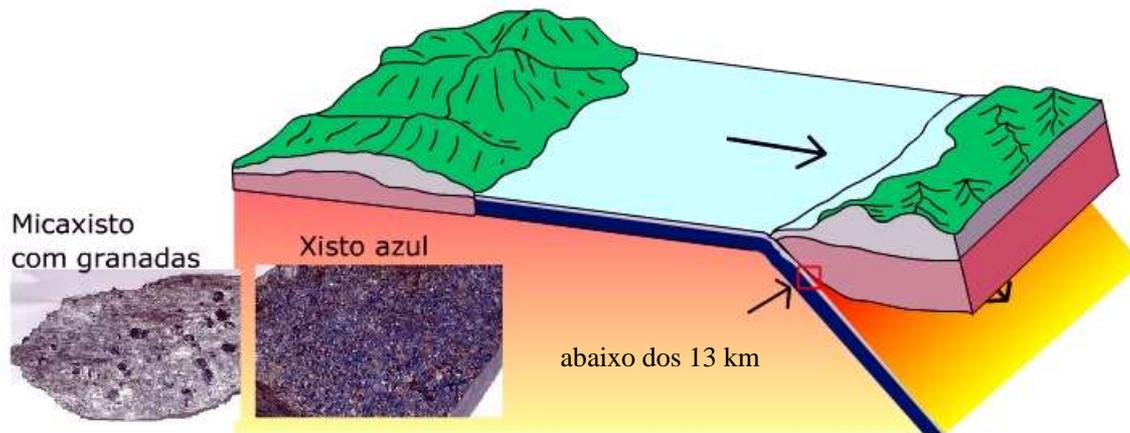
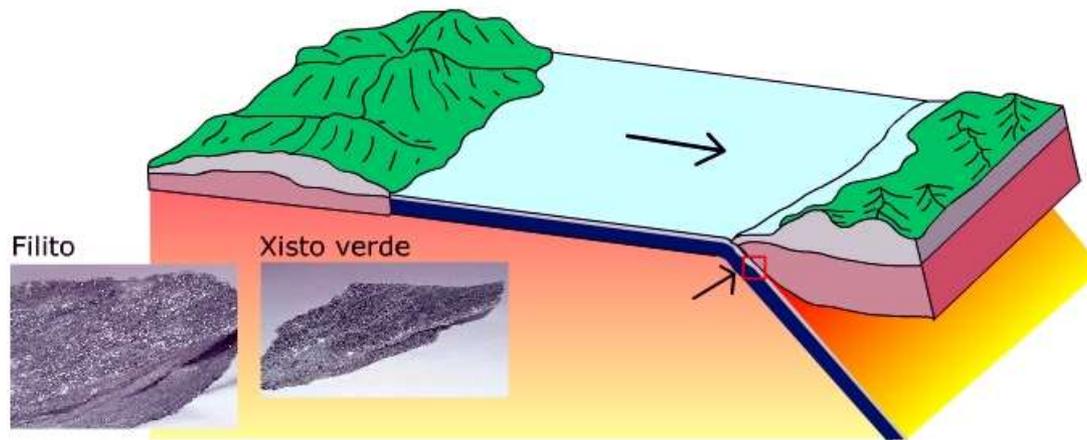


a) Metamorfismo regional

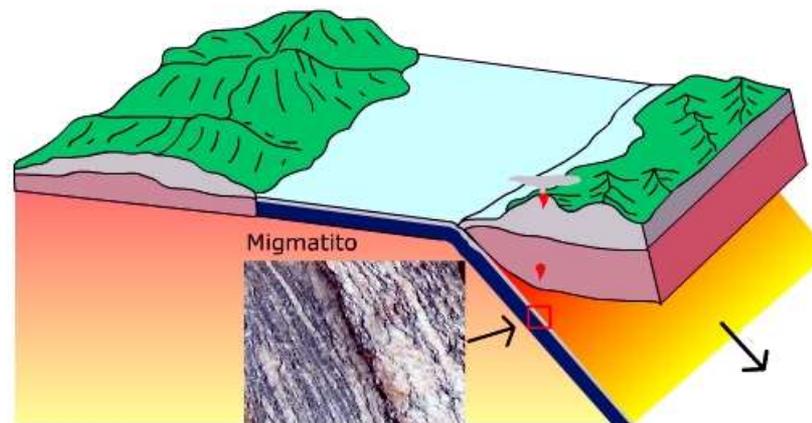
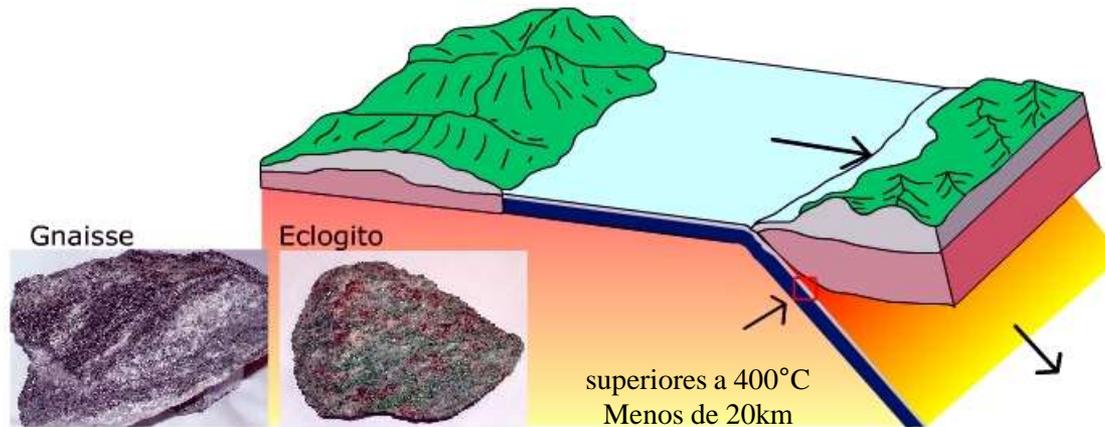


Evolução do metamorfismo regional

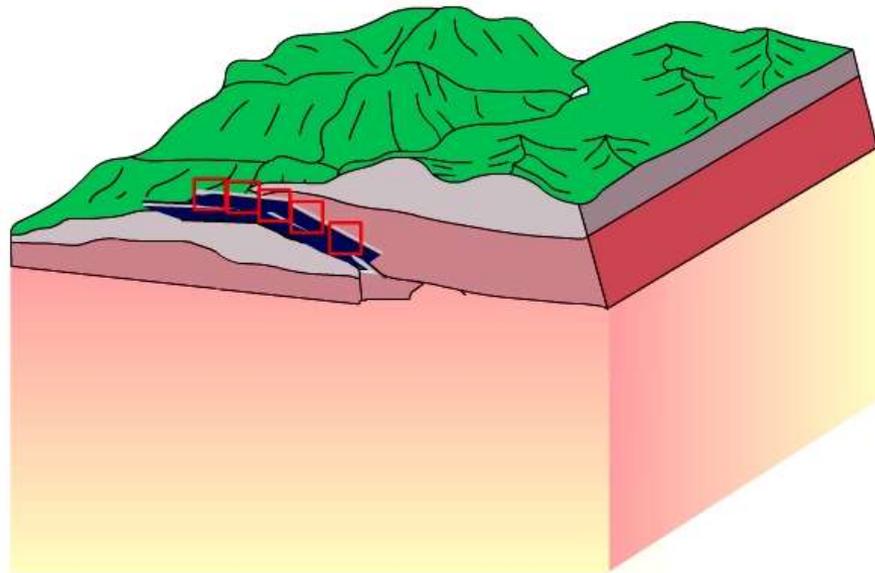
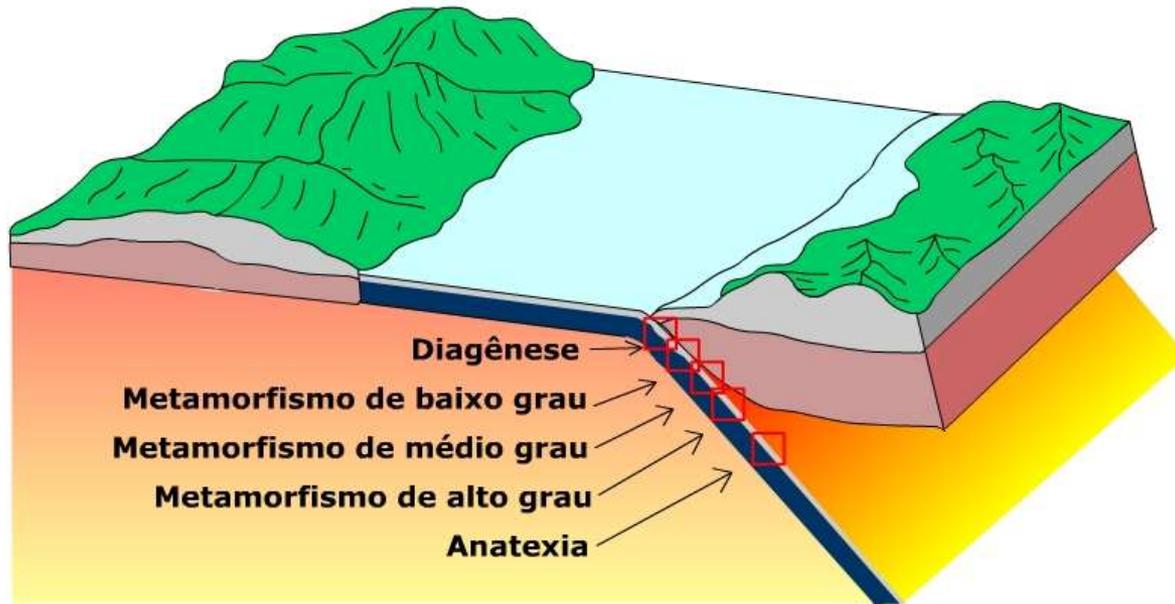




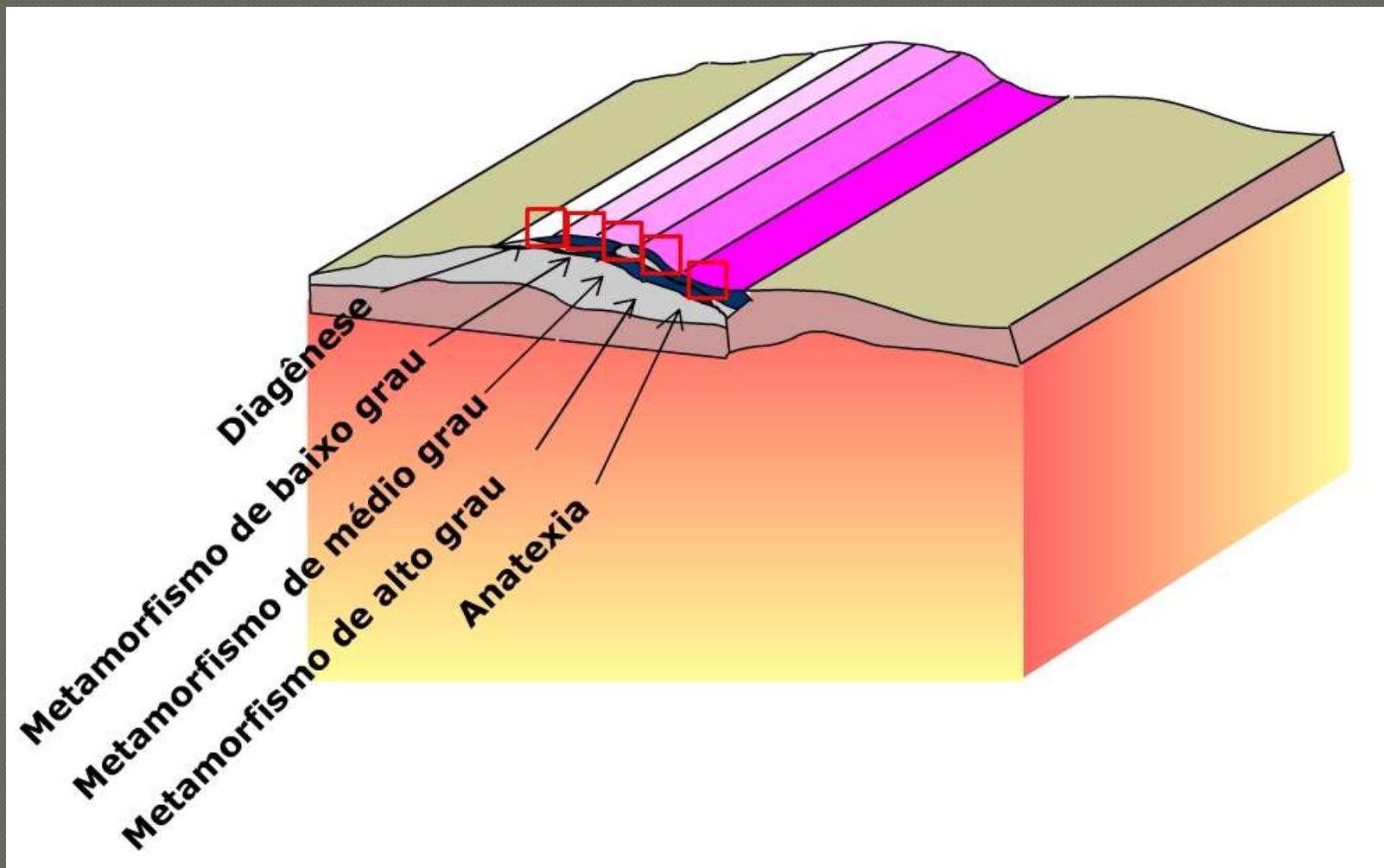
Evolução do metamorfismo regional



Formação de cadeias de montanhas



Intemperismo e erosão

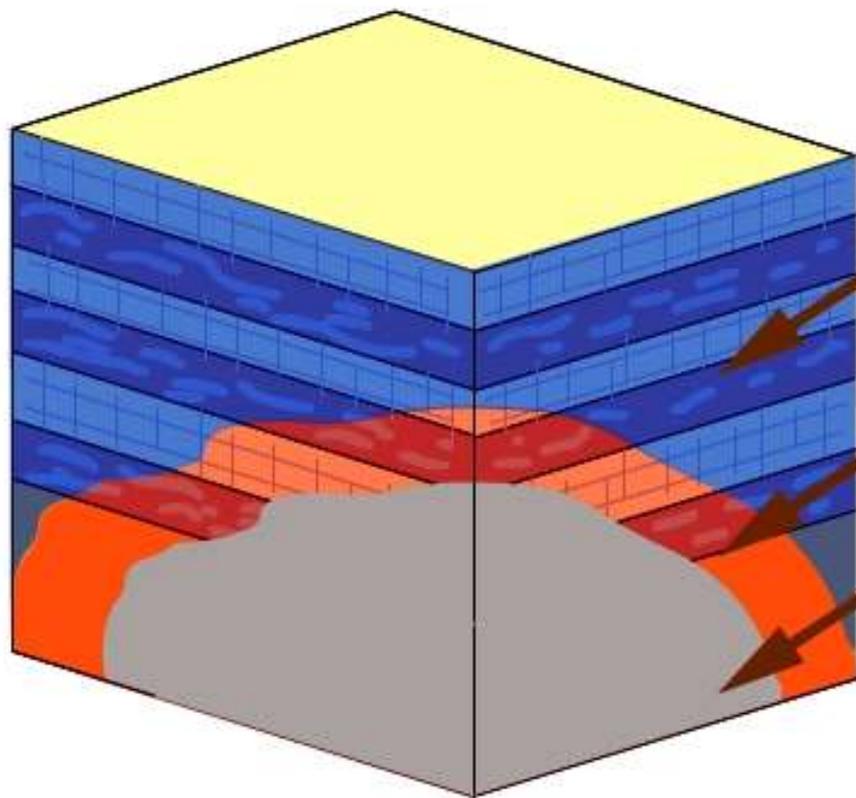


b) Metamorfismo térmico ou de contato - hipoabissal



Hornfel ou cornubianito

Metamorfismo de contato plutônico

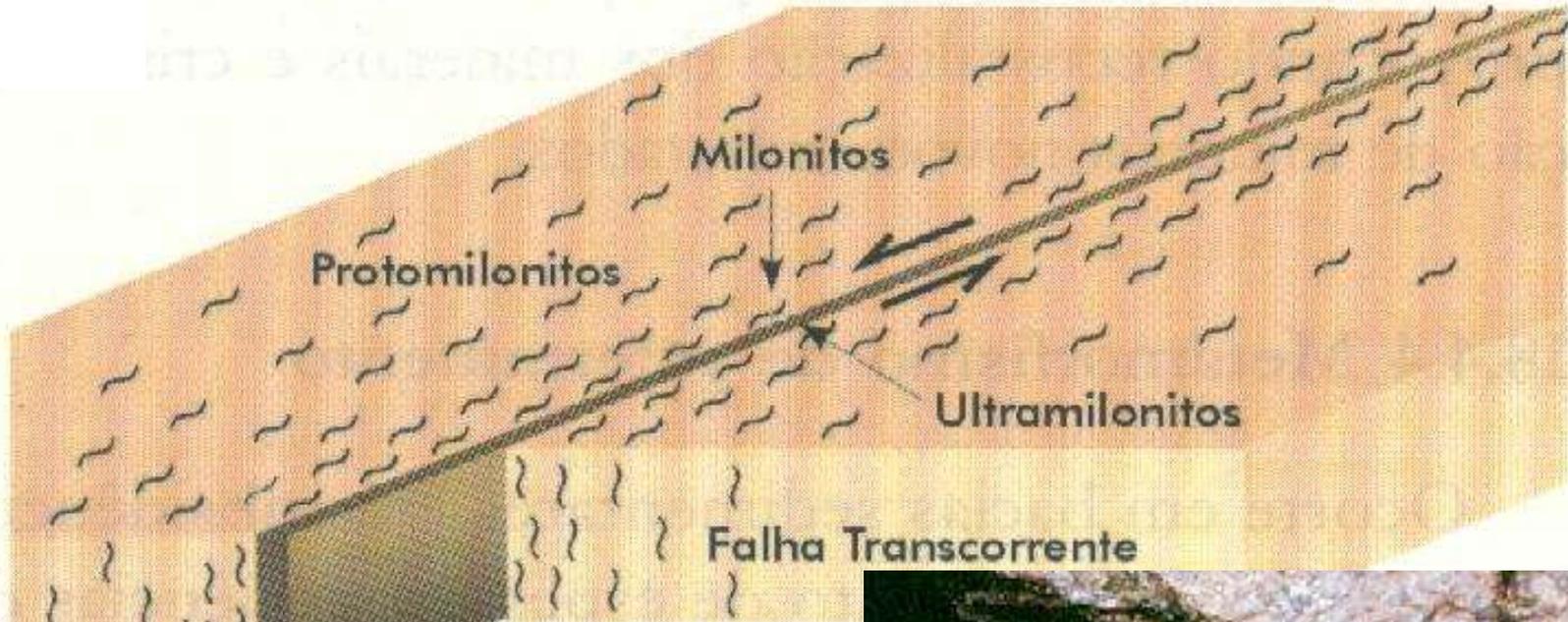


Rochas não
afetadas

Rochas de
metamorfismo
de contato

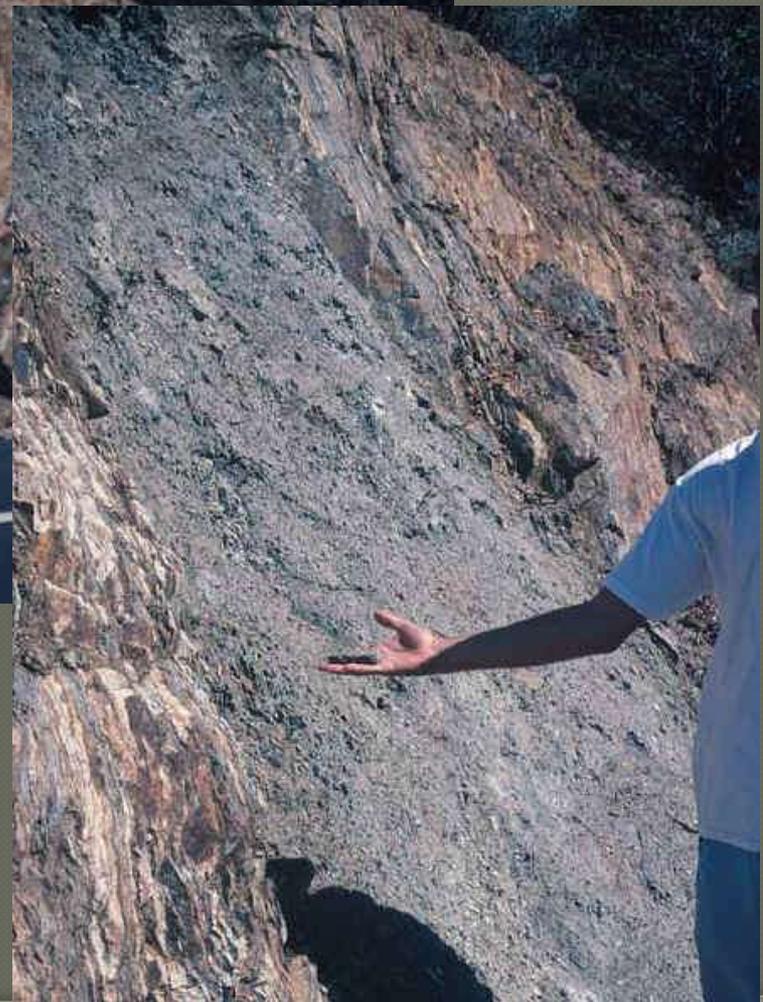
Rocha magmática

c) Metaformismo dinâmico ou cataclástico:



Conglomerado completamente transformado no entorno de uma falha. A nova rocha denomina-se **milonito**.



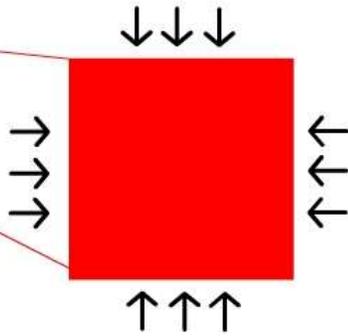
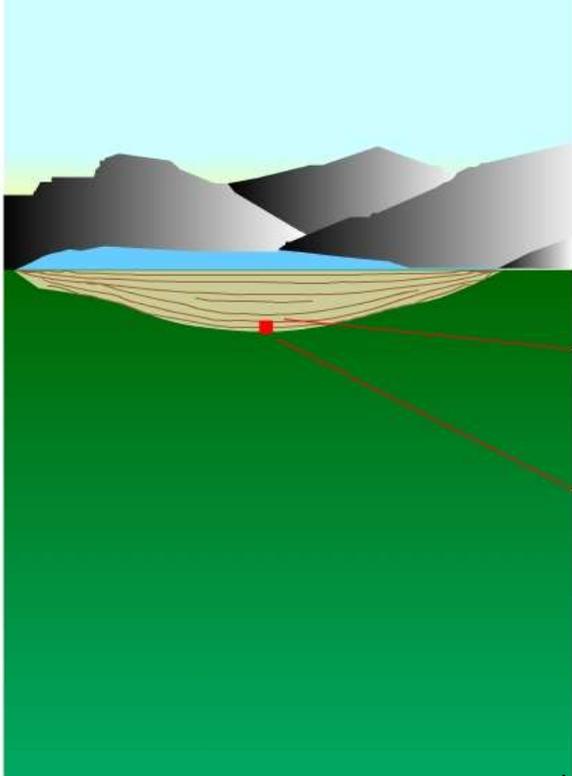


Metamorfismo cataclástico
(filitos e quartzitos)

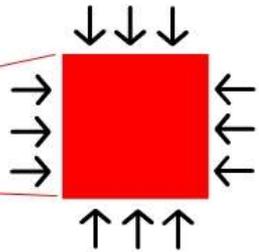
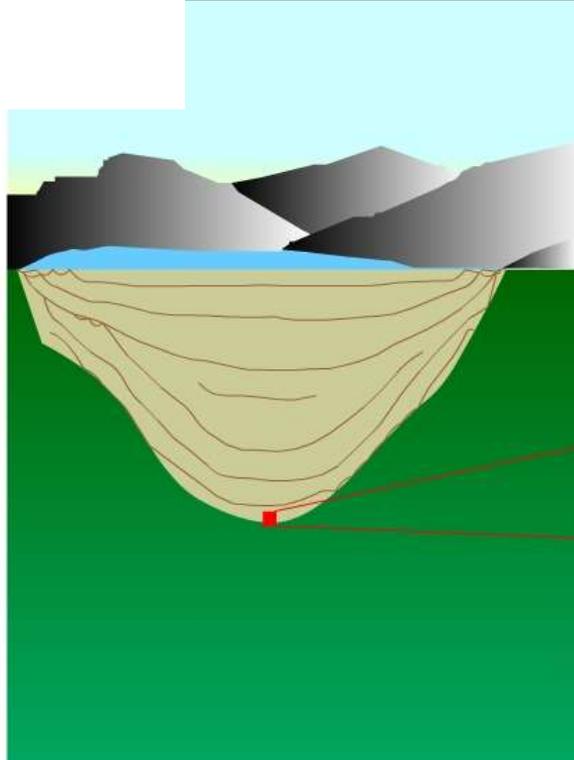


Brechas cataclásticas
e milonitos





1km – diagênese
5km - metamorfismo



d) Metamorfismo plutônico

d



Metamorfismo plutônico e
de contato

Síntese dos tipos de metamorfismo e seus produtos

tipo de metamorfismo	descrição	características	tipos de rochas
contato	aquecimento de rochas encaixantes durante intrusão ígnea	formação de minerais metamórficos sem orientação	Hornfels
plutônico	metamorfismo de grande escala que ocorre abaixo de espessas bacias sedimentares	abrange grandes extensões e ocorre nos níveis profundos da crosta sob pressão e temperatura elevadas	Ardósias, filitos, xistos, gnaisses e migmatitos. Quartzitos, mármore.
regional	metamorfismo de grande escala característico de cinturões orogênicos e áreas de escudo como resultado de tectonismo		
dinâmico ou cataclástico	esforços tectônicos intensos e geralmente localizados	fragmentação e orientação de minerais	Milonitos e brechas tectônicas
de impacto	relacionado com impacto de meteoros e asteróides	Fragmenta e funde as rochas a elevadíssimas temperaturas	
hidrotermal	reações químicas resultantes da circulação de fluidos	alteração na composição química da rochas original	Escarnitos ou tactitos

Metamorfismo de impacto na cratera de Barringer - Arizona





1

COLISÃO

Há cerca de 250 milhões de anos, uma rocha de 4 km de diâmetro caiu na Terra, em um lago, exatamente na divisa entre Mato Grosso e Goiás

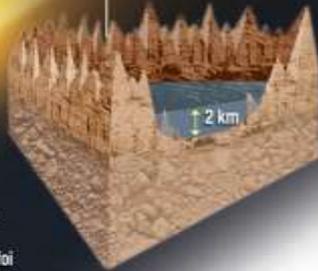
O meteorito rasgou a atmosfera terrestre a 50 vezes a velocidade do som

O lago de dez metros de profundidade foi vaporizado pela temperatura do impacto: 800°C

2

A CRATERA

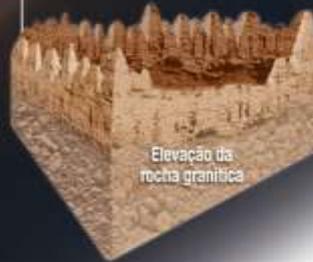
O choque foi igual ao de milhares de bombas de Hiroshima. Cavou um buraco de mais de 2 km de profundidade. Em volta foram formados anéis de morros com até 500 metros de altura



3

MUITOS ANOS DEPOIS

Após o impacto, a diminuição da pressão sobre as rochas fez com que o território onde está a cratera fosse erguido, deixando de ser mar



4

O MAPA DA MINA

A cratera abrange seis municípios



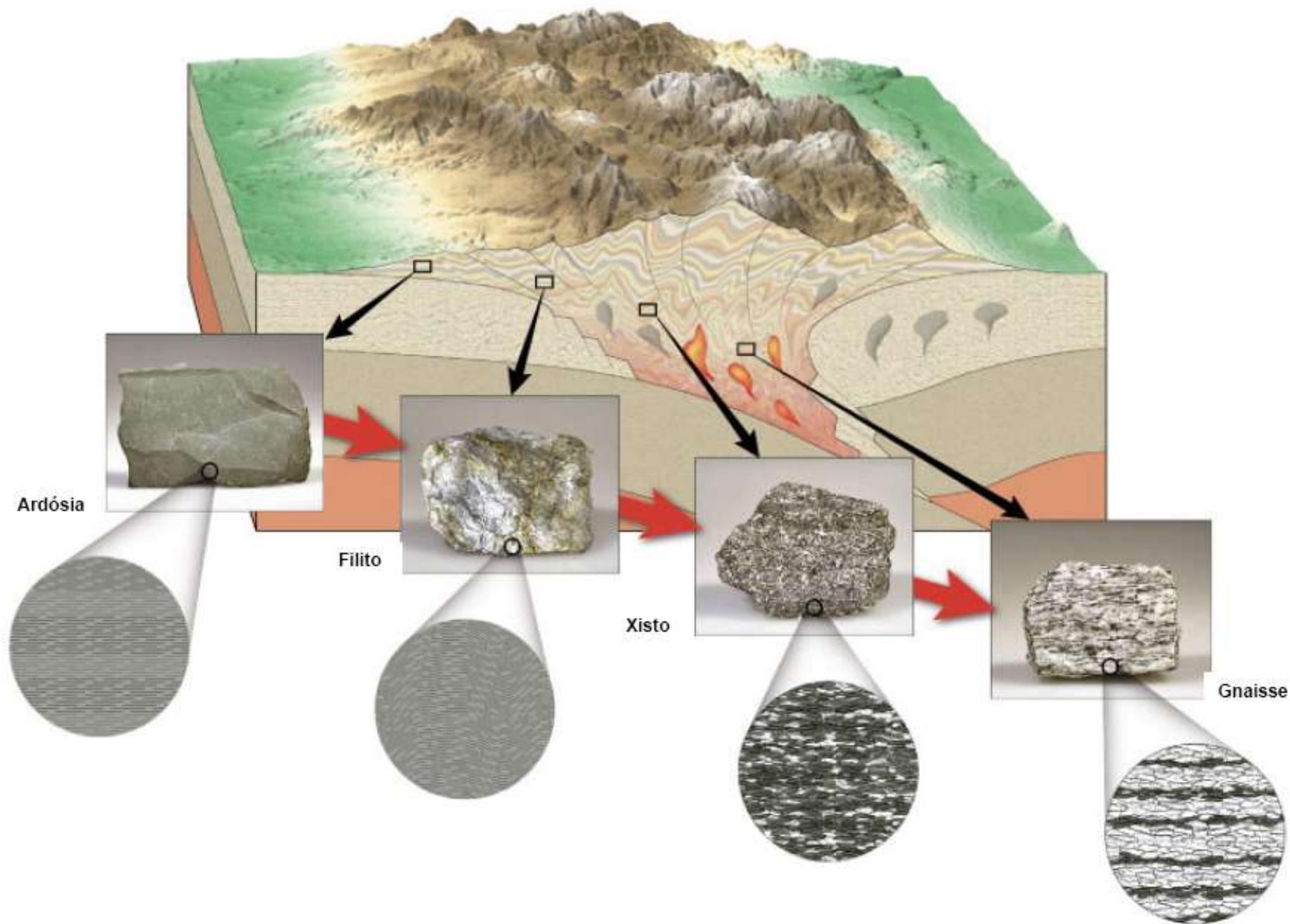
MATO GROSSO

	Araguainha	Ponte Branca	Alto Araguaia
População ▶	1.117	1.790	13.790

GOIÁS

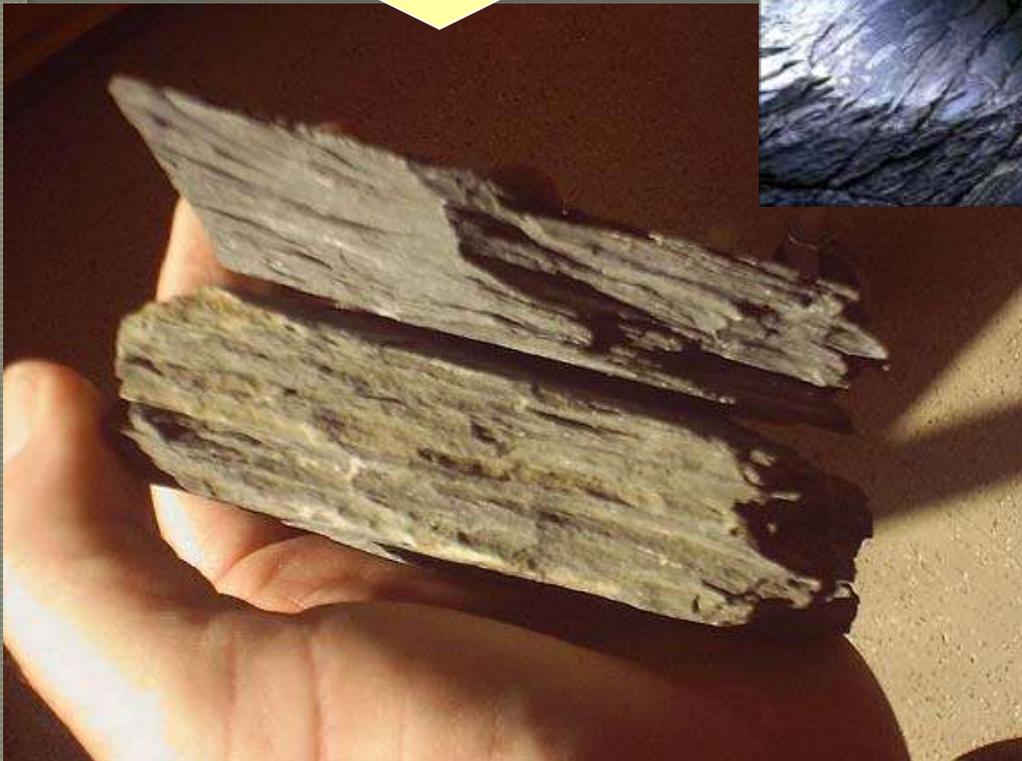
	Doverlândia	Mineiros	Santa Rita do Araguaia
População ▶	8.344	45.189	5.873

Metamorfismo de impacto na cratera de Araguainha - MT



ARDÓSIA

Argilito e ardósia



Ardósias

Detalhe de ocorrência de ardósias na natureza: observa-se a separação de lâminas no intemperismo físico

50% dos argilominerais





Aplicação de placas de ardósia em revestimento de calçadas

Pedreira de ardósia em Minas Gerais

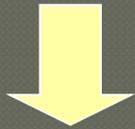




FILITO

Desenvolvimento de mica
Com lupa - alinhamento

Ardósia e filito



Filitos



Minerais – olho
desarmado



O brilho mais sedoso as rocha à esquerda mostra que é um filito e o mais opaco à direita é uma ardósia.



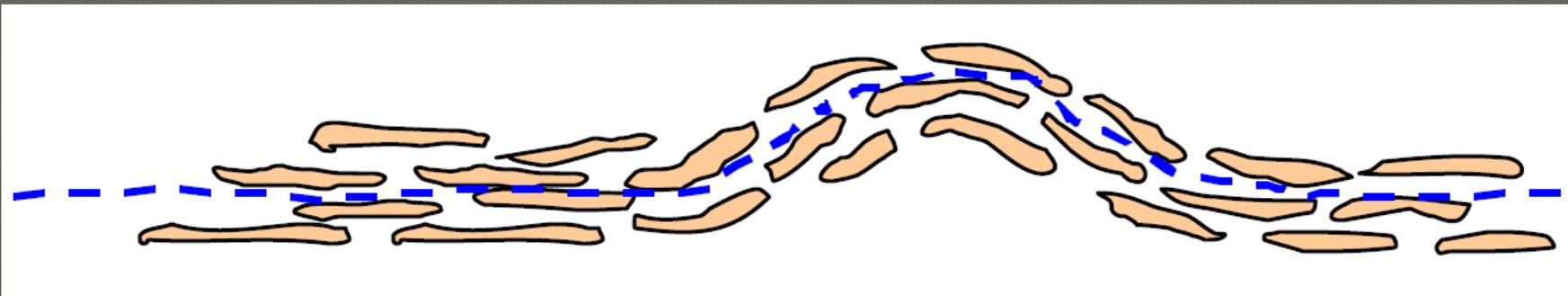
XISTOS

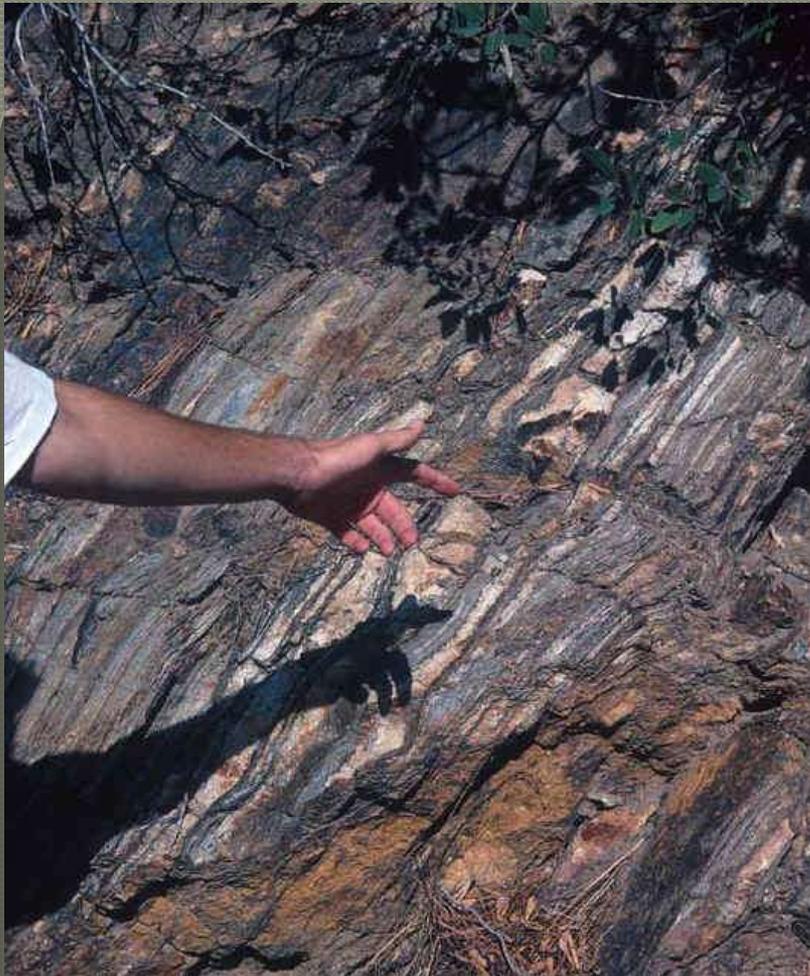
piroxênios, anfíbolios e biotitas,
alguns evoluíram para feldspatos

Ardósia – filito - xisto



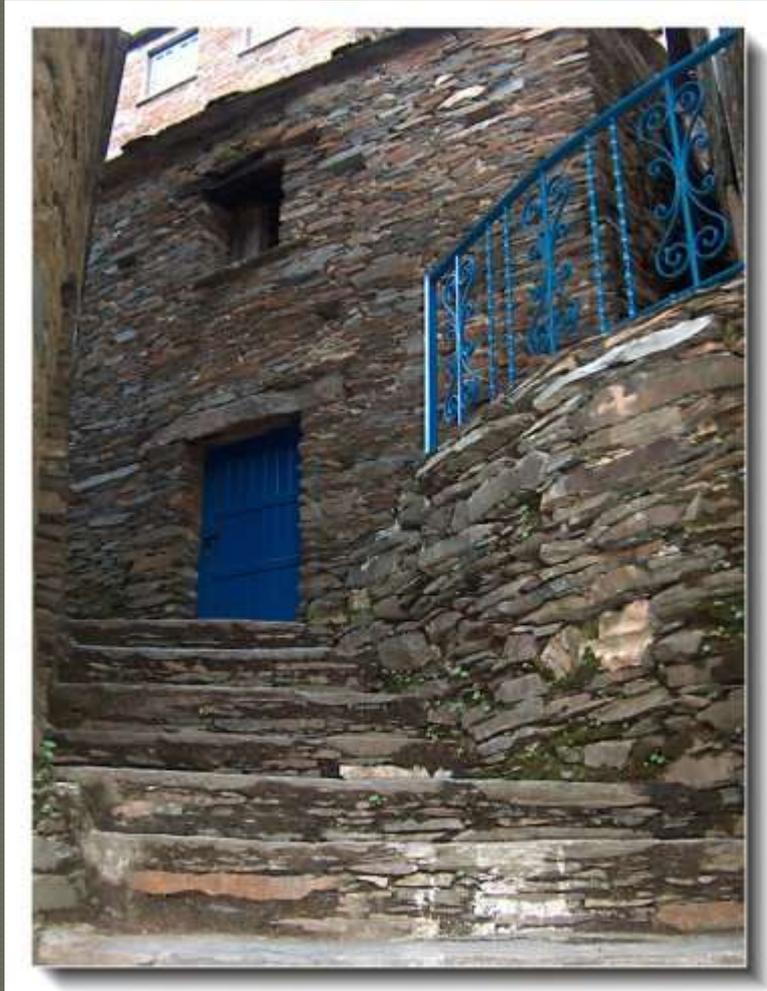
PLANO DE XISTOSIDADE:

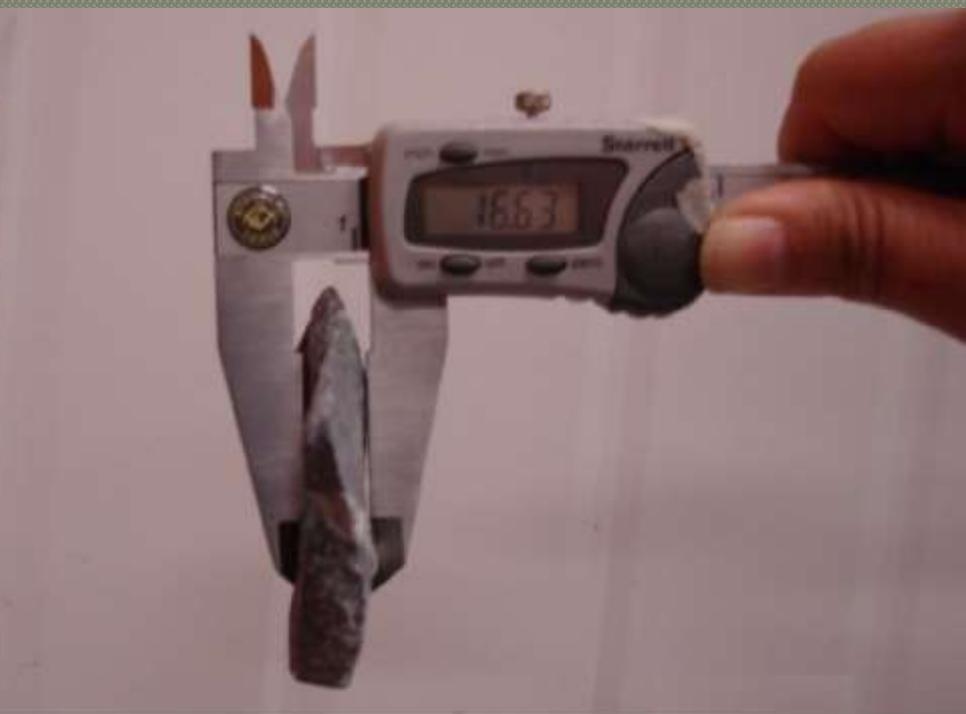




Xistos

potencial como revestimento
ornamental





GNAISSE

metamorfismo de alto grau
Bandas feldpática e quartzosa
Bandas micáceas

Sem plano de xistosidade



Gnaisses

Quanto mais evoluído é o metamorfismo, mais os gnaisses se aproximam dos granitos. A diferença é que nas rochas metamórficas os minerais estão ainda orientados



Paragneisses:
bandas e
dobras



Paragneisses: bandas e dobras



Bandas mais ricas em biotita,
correspondendo a antigas camadas
argilosas.

Bandas mais ricas em feldspatos e
quartzos correspondem a antigas
camadas arenosas





Ortognaisse



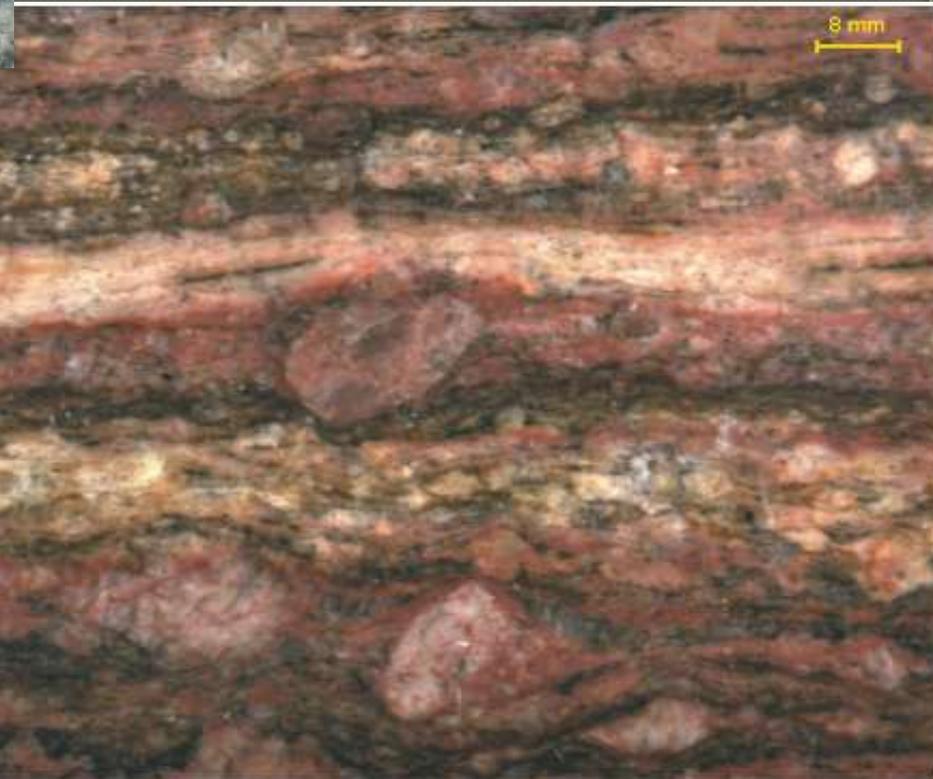
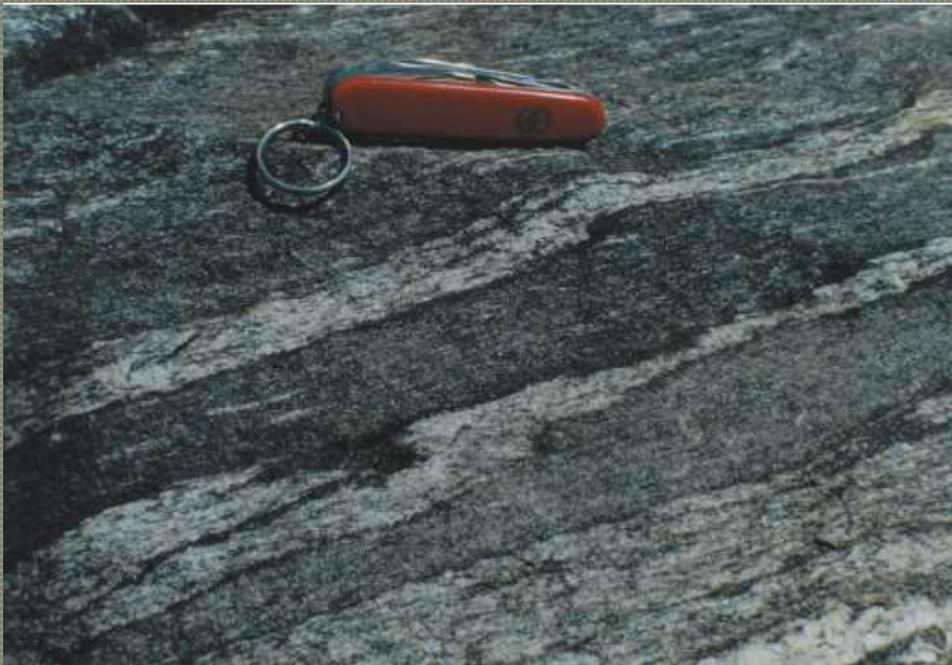
Alguns granitos são novamente empurrados pelo movimento de placas continentais para o interior da crosta, sofrendo deformação de seus minerais



Quando o gnaiss é proveniente de granitos ou riolitos, é denominado de ortognaisse.



Paragneisse:
bandas de
anfíbólio



metamorfismo cataclástico no
entorno de uma falha

Milonito de granito:
detalhe dos
porfiroclastos de
feldspato

Xisto micáceo (micaxisto)



Paragnaisse



T+P

T+P

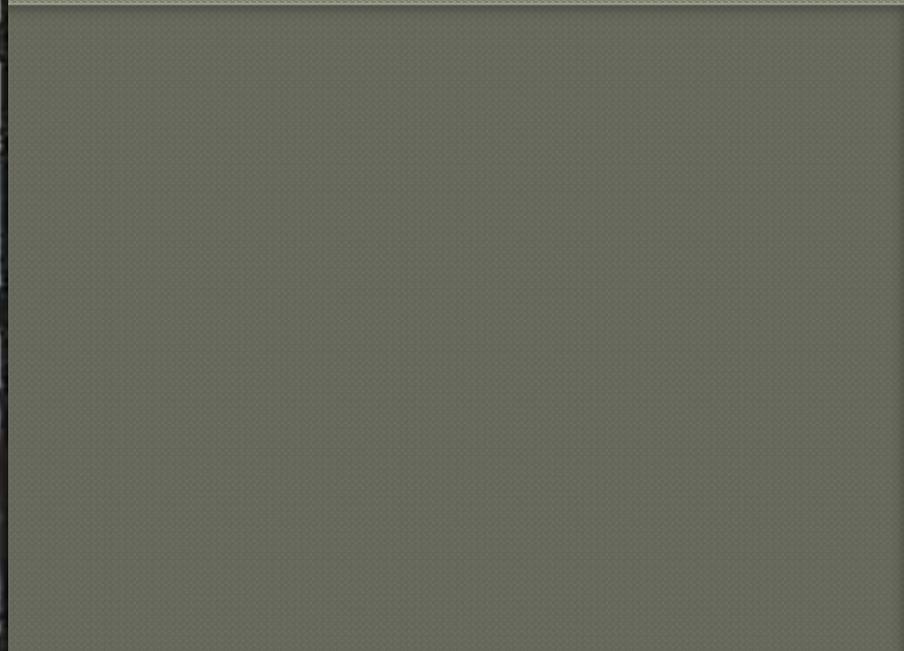


Migmatito



Migmatitos







Veio de quartzo em
gnaisse residual

Vista de um gnaisse
pouco fraturado



Metaconglomerado

Os conglomerados podem sofrer metamorfismo que pode ser notado pelos pedregulhos achatados e orientados.



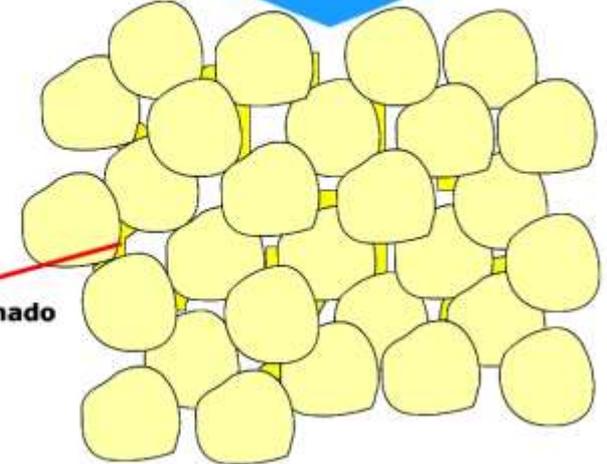
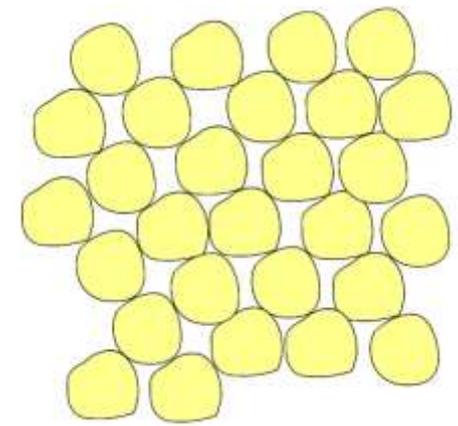
Os campos de dunas

areias quartzosas geral quartzitos

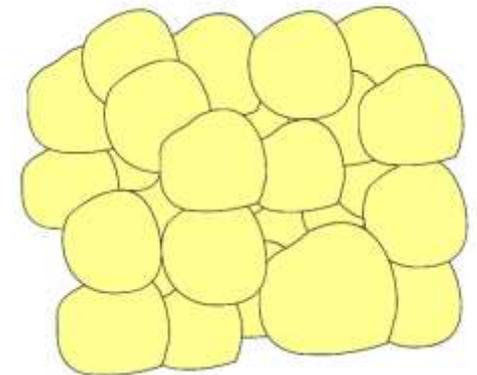
Os arenitos de
origem eólica



O Quartzito



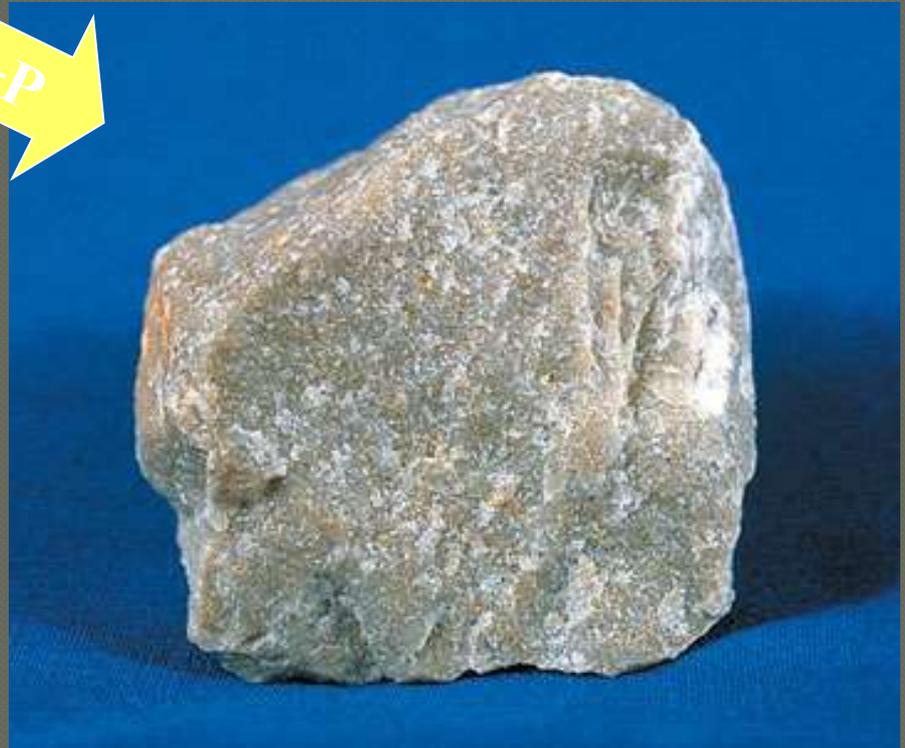
Quartzo neoformado



Arenitos



T+P



Quartzitos

Quartzitos



Os quartzitos são rochas muito duras e muito resistentes. Quando constituídos por areias quartzosas puras e de elevado grau de metamorfismo, podem **produzir britas de ótima qualidade.**





Caxambu é um quartzito
xistoso
Protólito - arcose





Utilização de placas e Filetes de quartzito

De grau alto – duras

Cimentados fracos – coloridos, fracos



Mármore



O metamorfismo dos calcários
Baixa dureza
Aumento de minerais carbonáticos
Concreto Branco

©THOUSANDIMAGES.COM





Extração de pedra sabão (esteatito)



rochas ígneas ultramáficas
(peridotito, por exemplo)





Deformações na crosta

Comportamento dos materiais

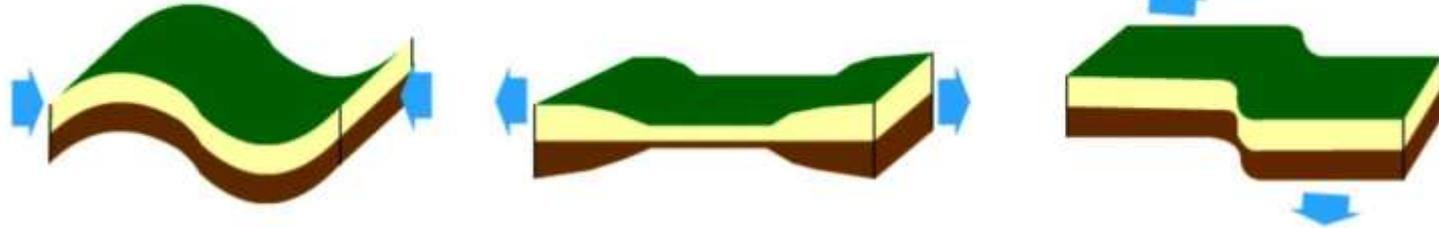


Vela com 45°C

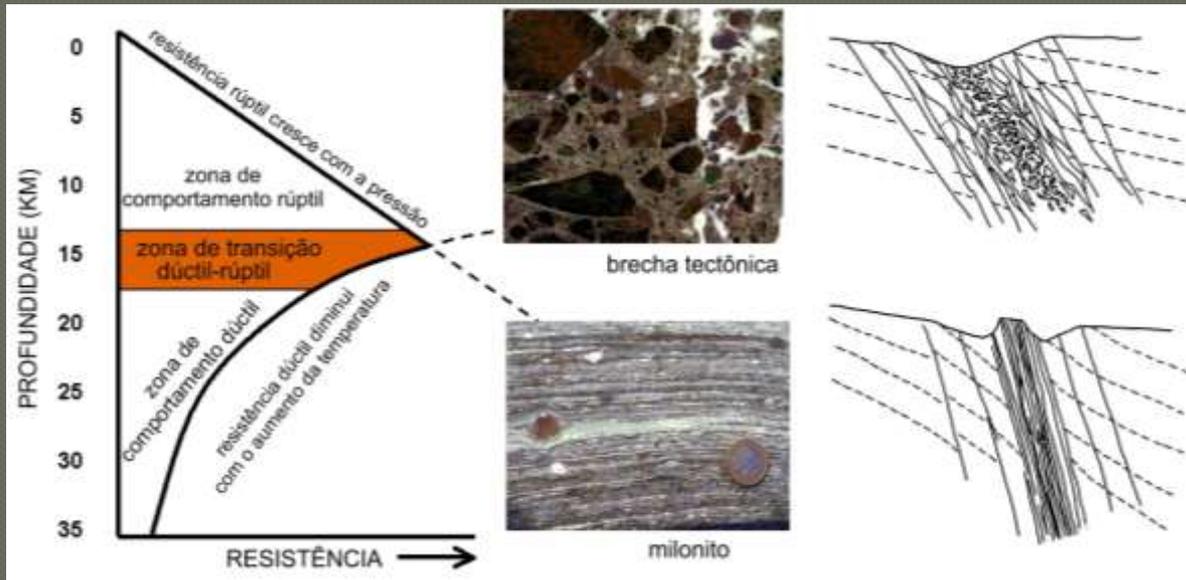
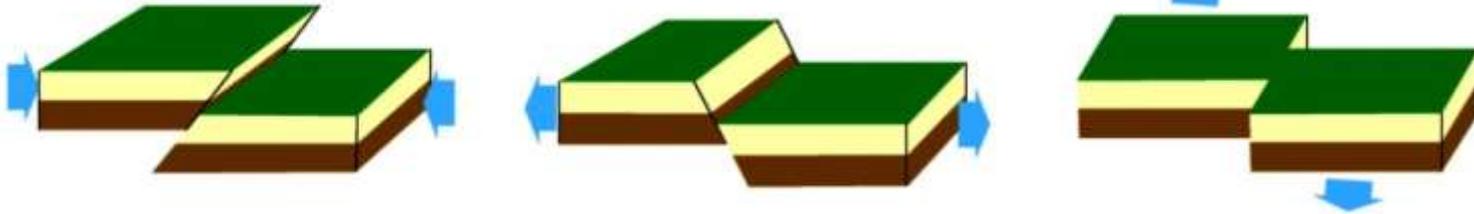
Vela com 20°C

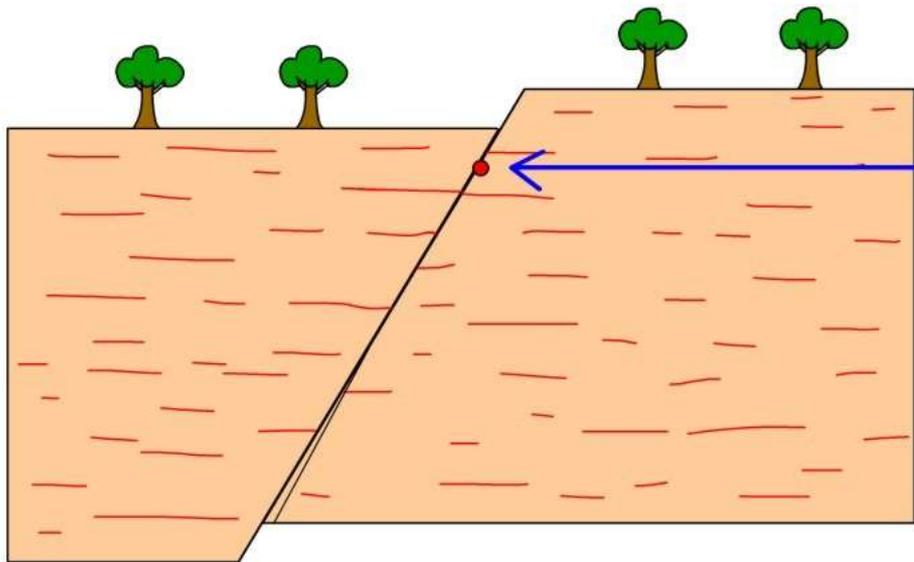
Deformações nas rochas

deformações dúcteis

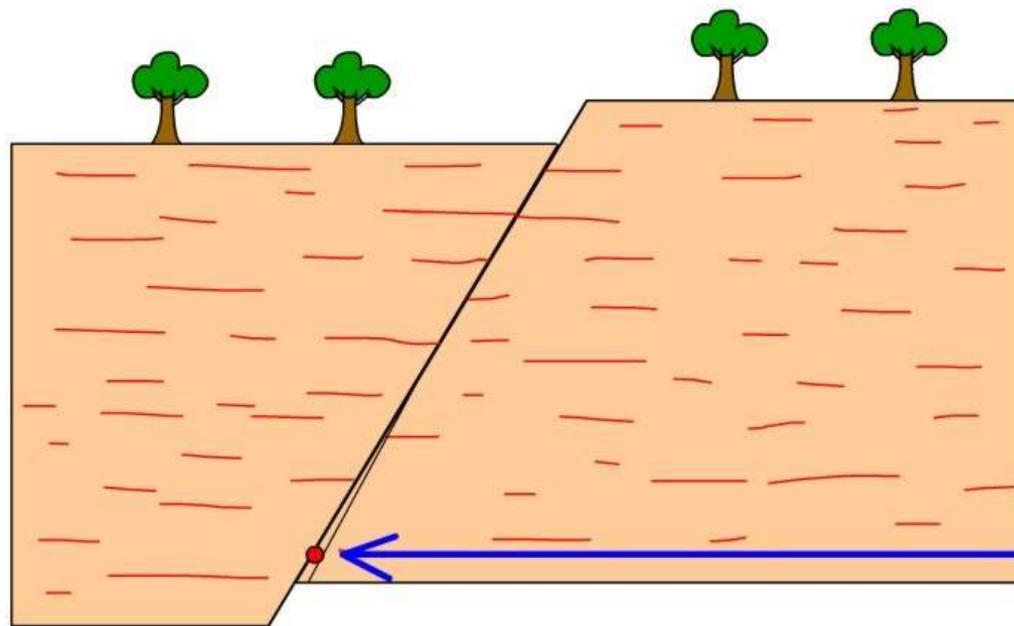
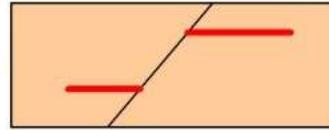


deformações rúpteis





falha de baixa
temperatura



falha de alta
temperatura



Deformações Rúpteis



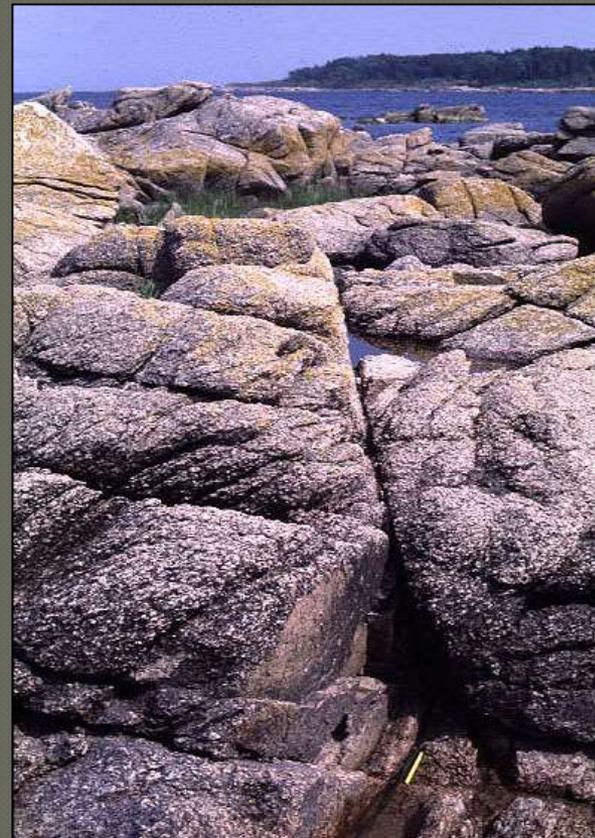
← Fraturas (diáclases)
Coação interna

Falhas (Paráclases) →
tectonismo

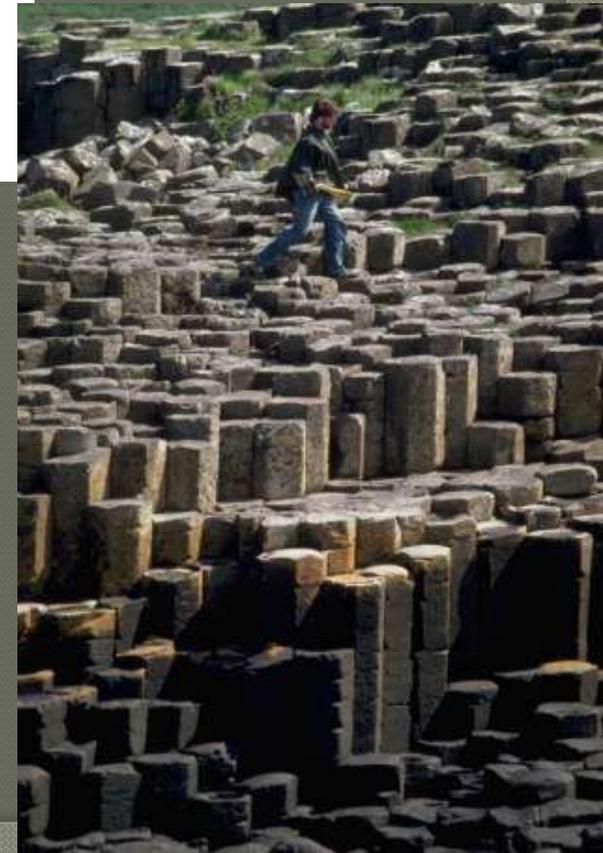
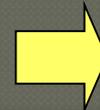
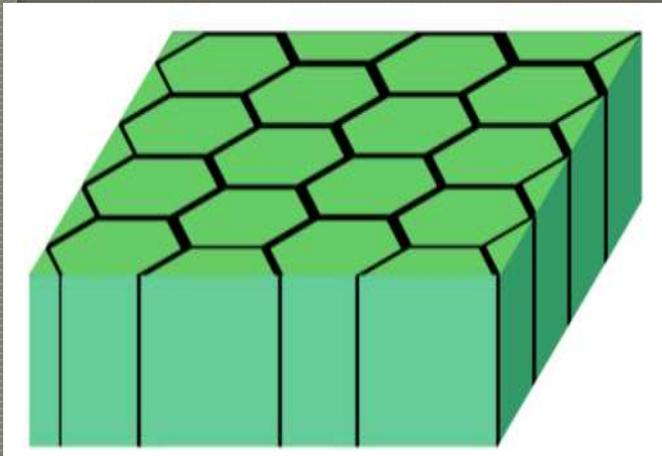
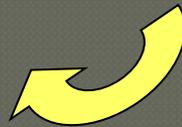
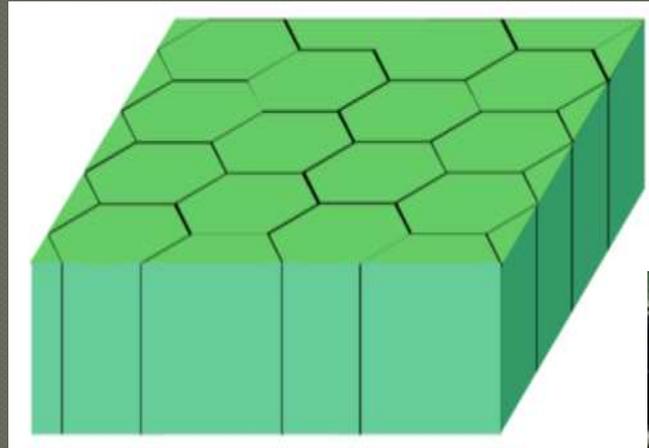
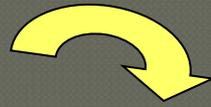
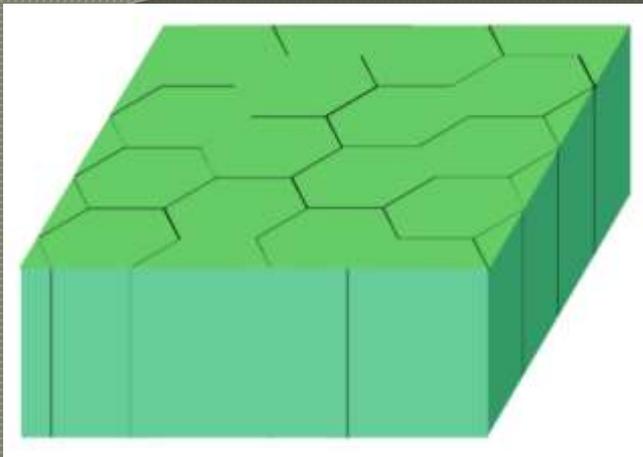


Fraturas ou Diáclases

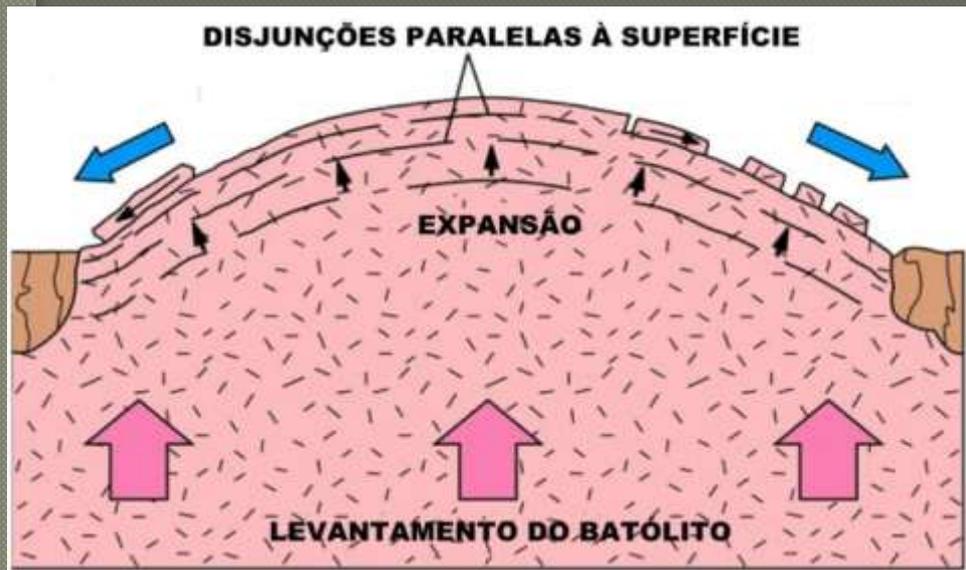
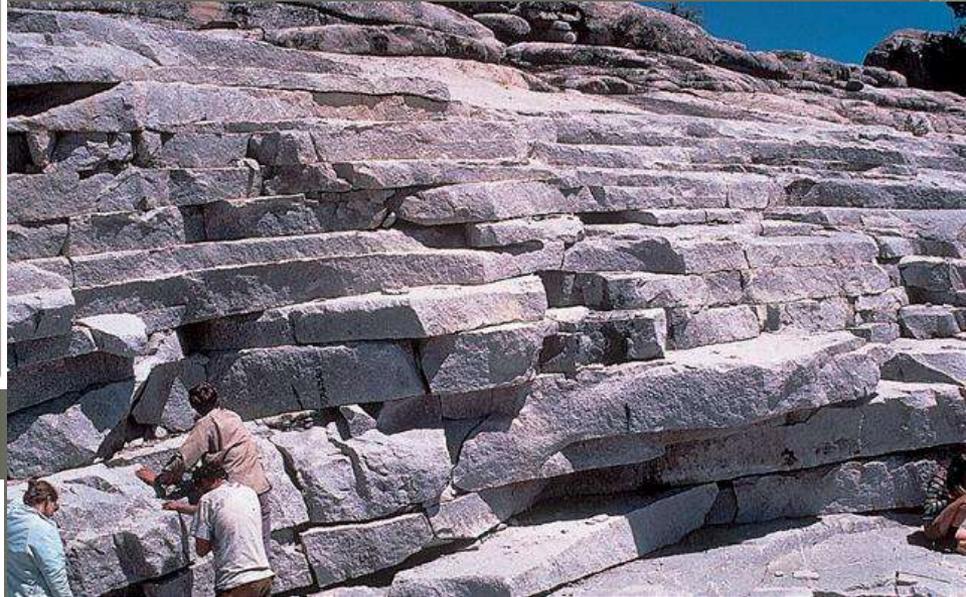
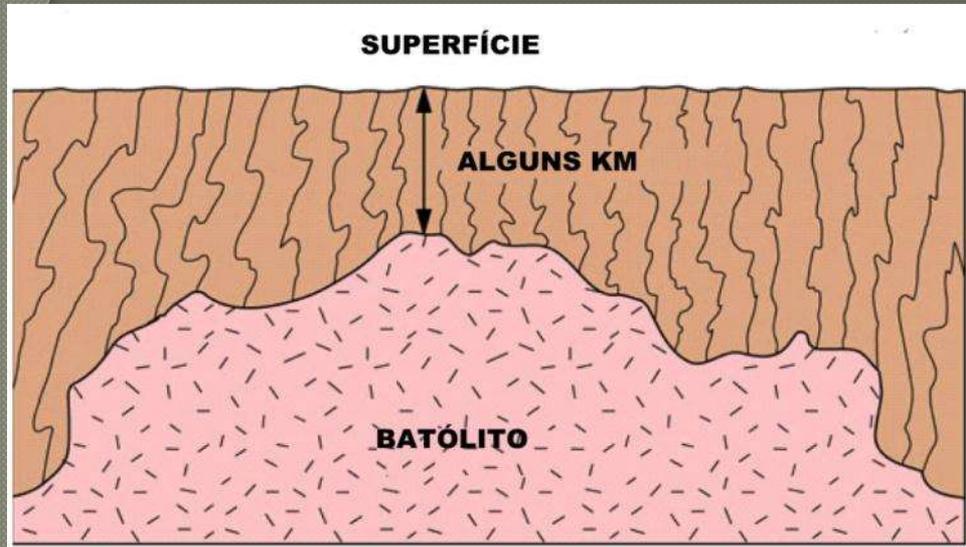
(redução de temperatura ou pressão)



Resfriamento de rocha
magmática extrusiva ou
intrusiva hipoabissal

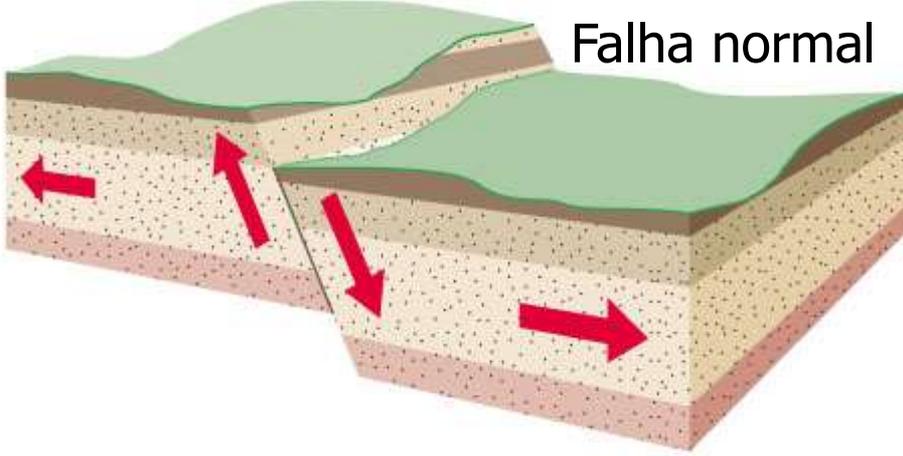


Exemplo de diáclases
causadas por alívio de
pressões - batólitos

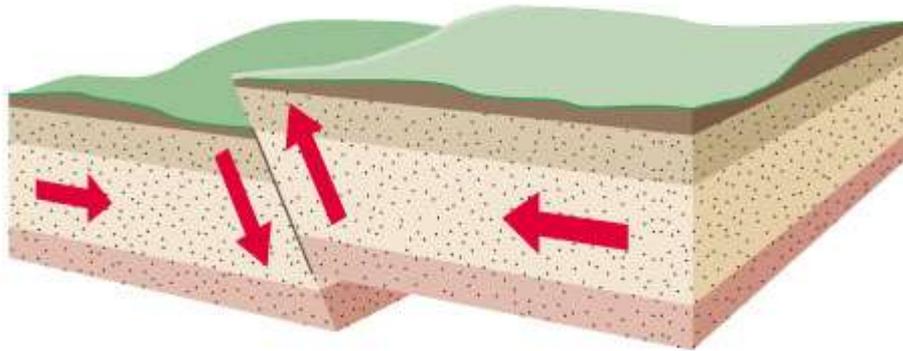


Falhas ou Paráclases

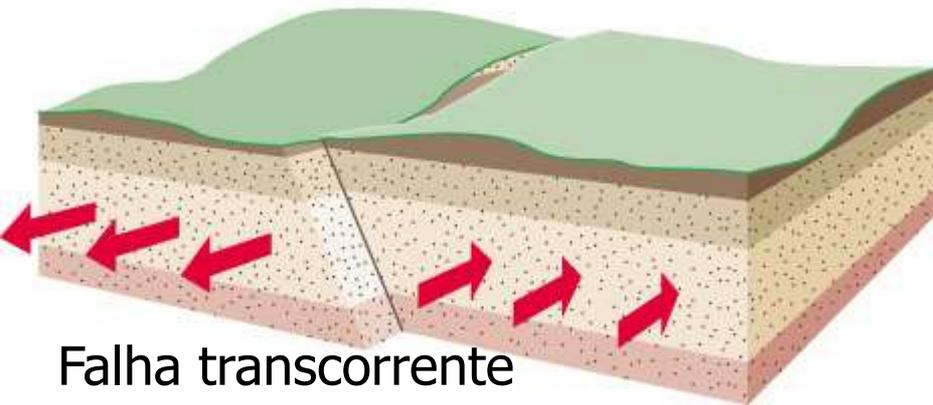
Falha normal



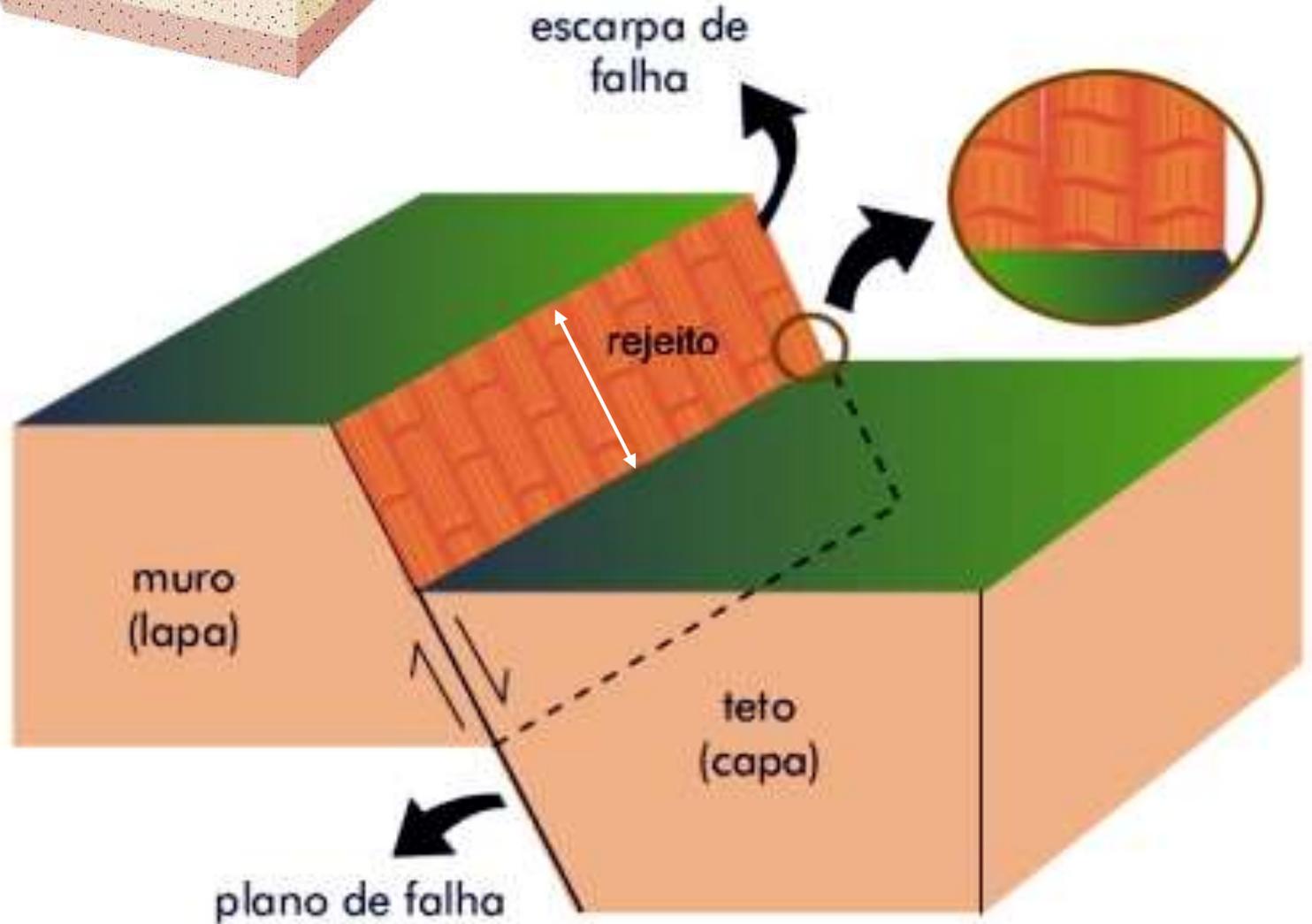
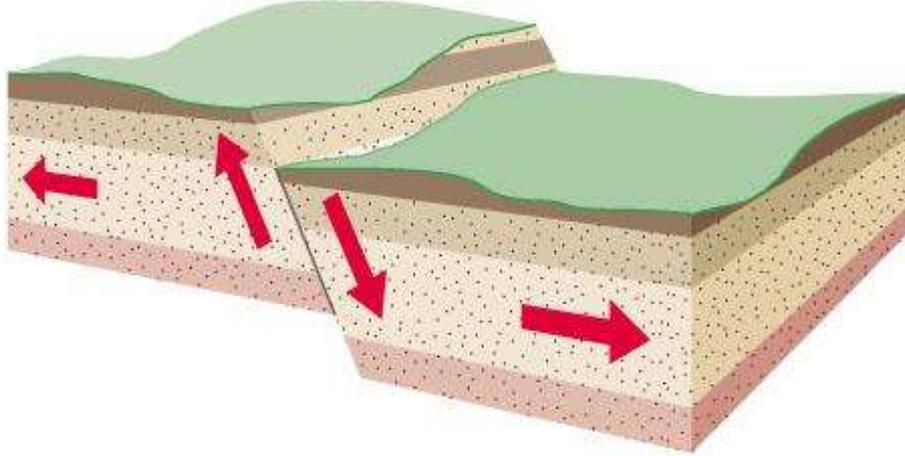
Falha inversa



Falha transcorrente

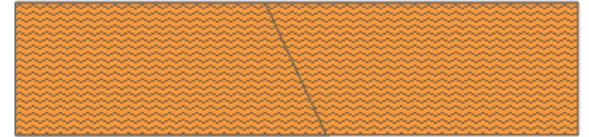


Falhas normais ou de tração





Falha normal com
rejeito de 50cm
em lamito



Falha normal em calcário: o
rejeito pode ser identificado
pelo desalinhamento de
estratificações



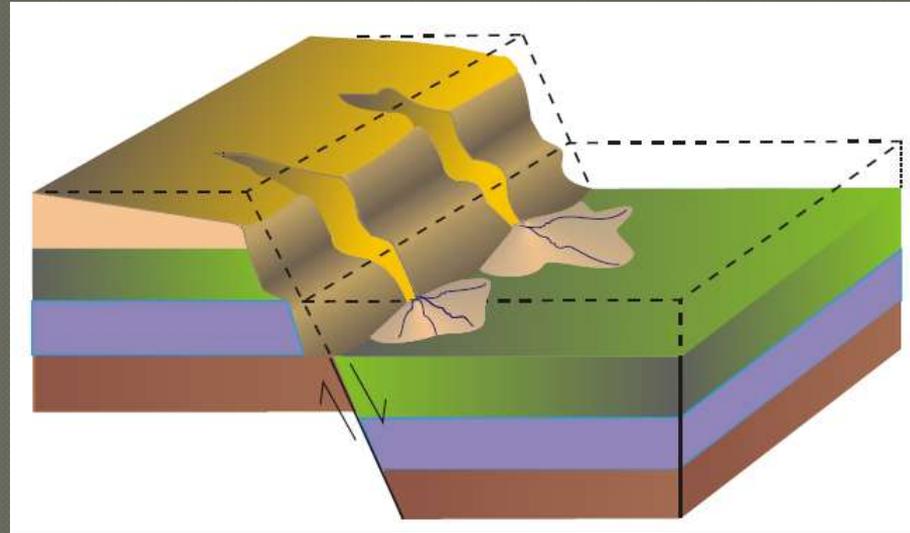


Detalhe das faces polidas de uma falha (slickensides – movimento relativo).

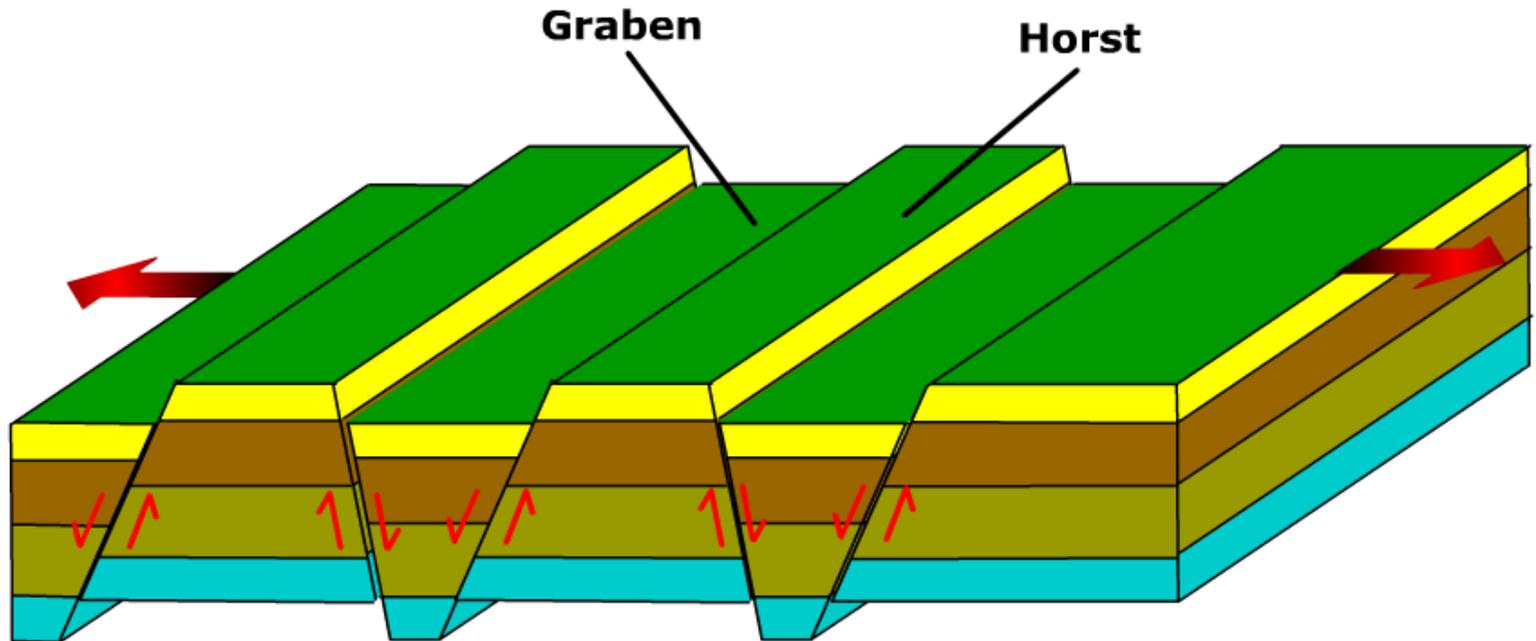
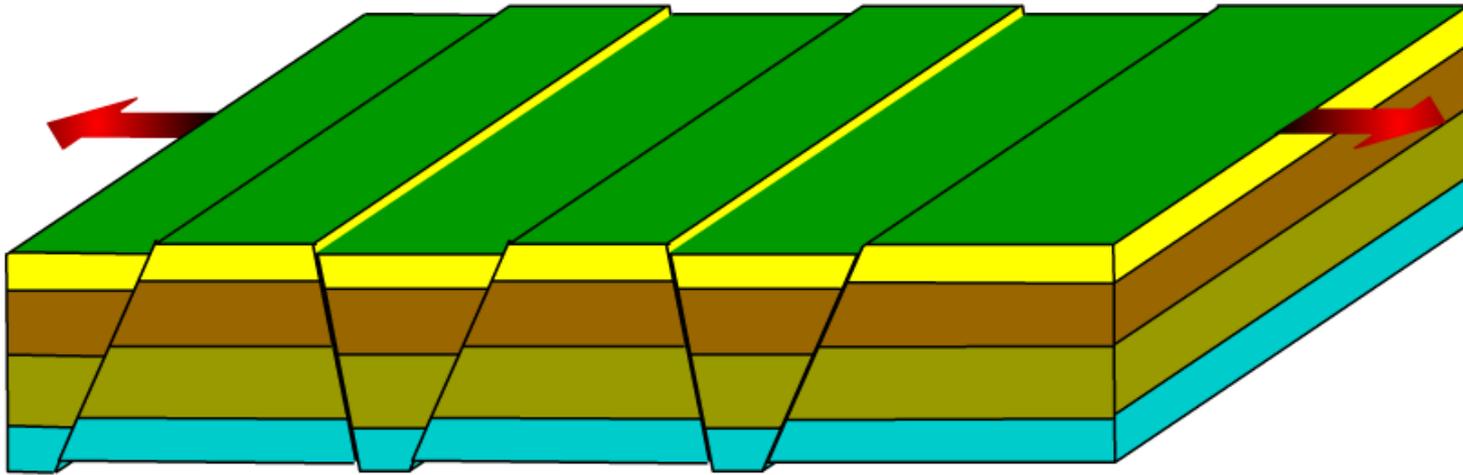


Falhas normais, afetando arenitos e conglomerados da Formação Itaquaquetuba (SP).

Falhas de tração e o relevo

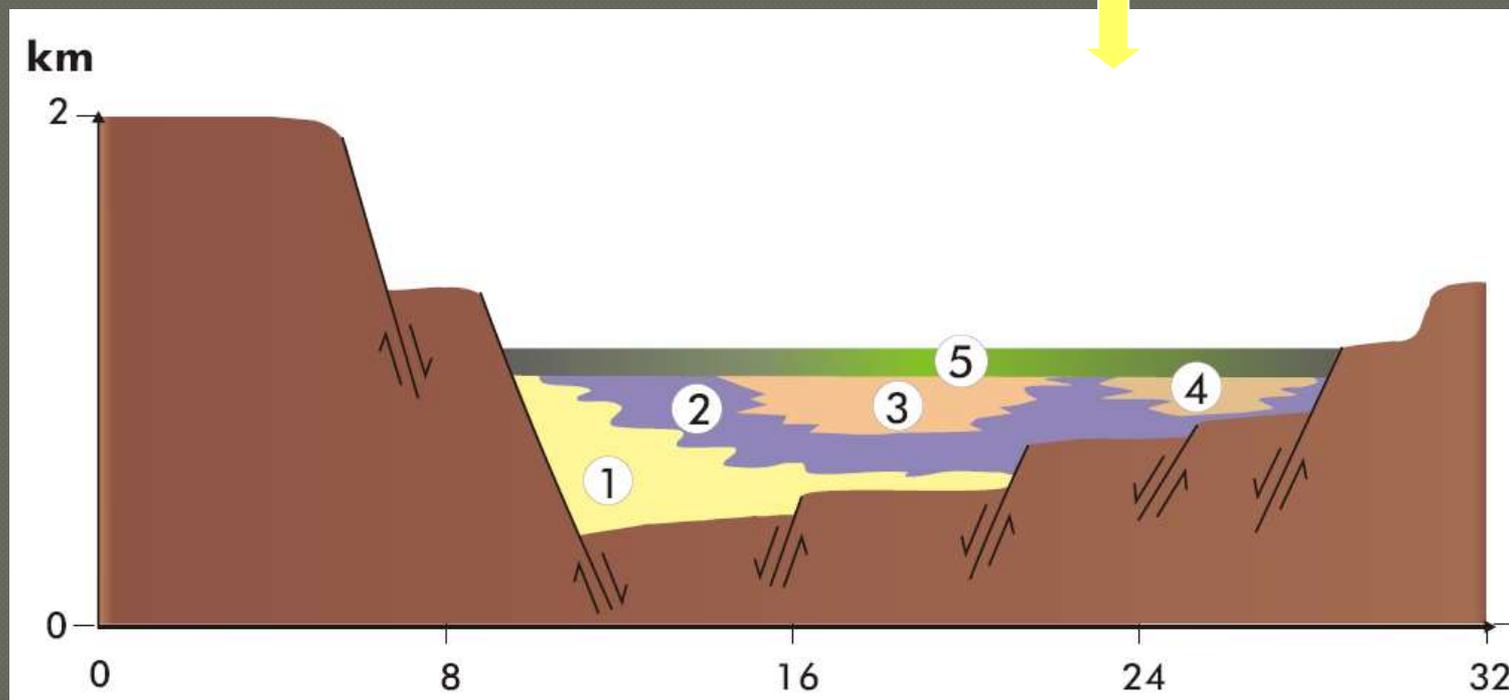


Fossas tectônicas só se formam em regimes distensivos (tração)

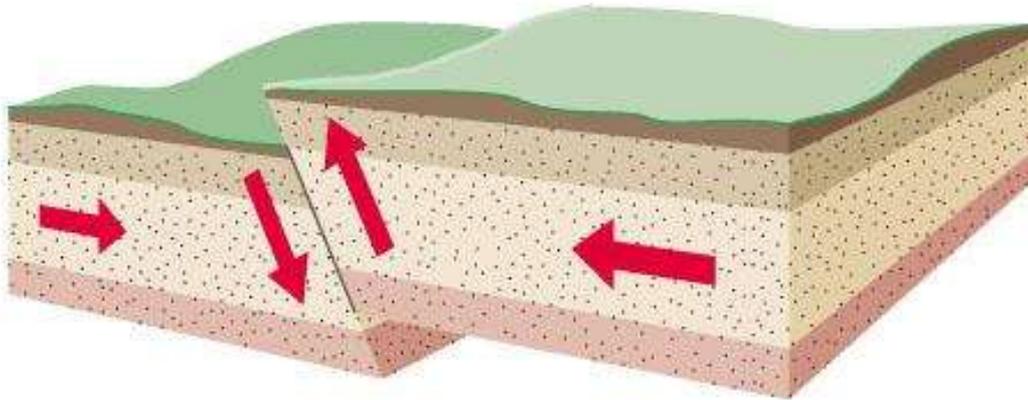


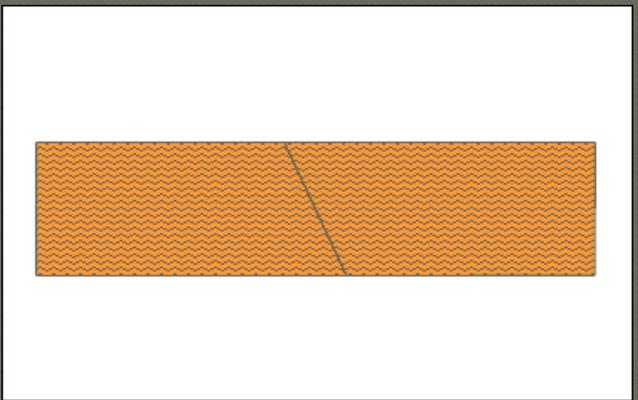


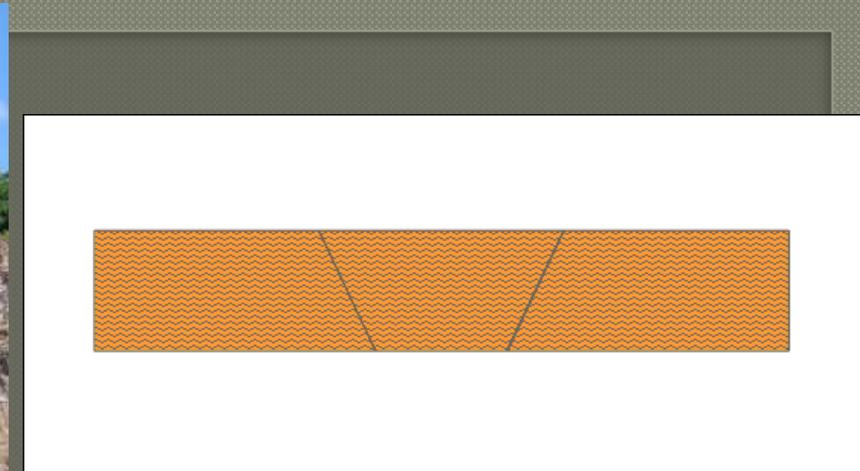
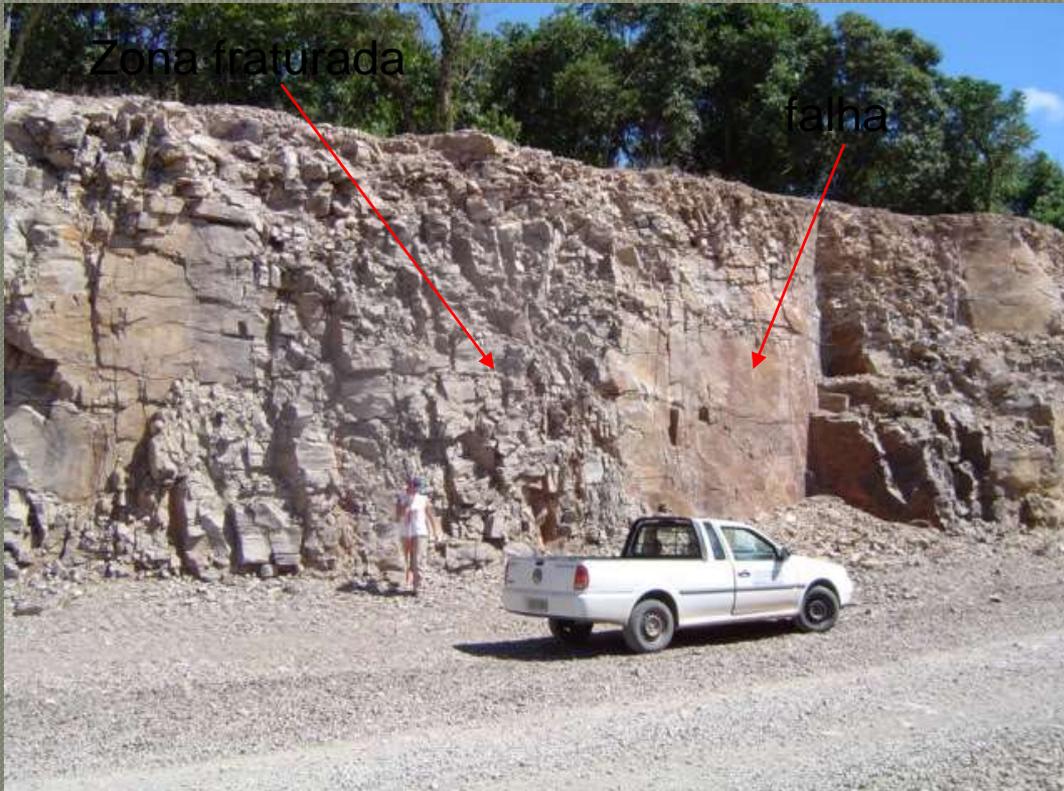
Secção geológica esquemática da bacia (graben) do Vale do Rio Paraíba do Sul, São Paulo.



FALHA INVERSA OU DE COMPRESSÃO

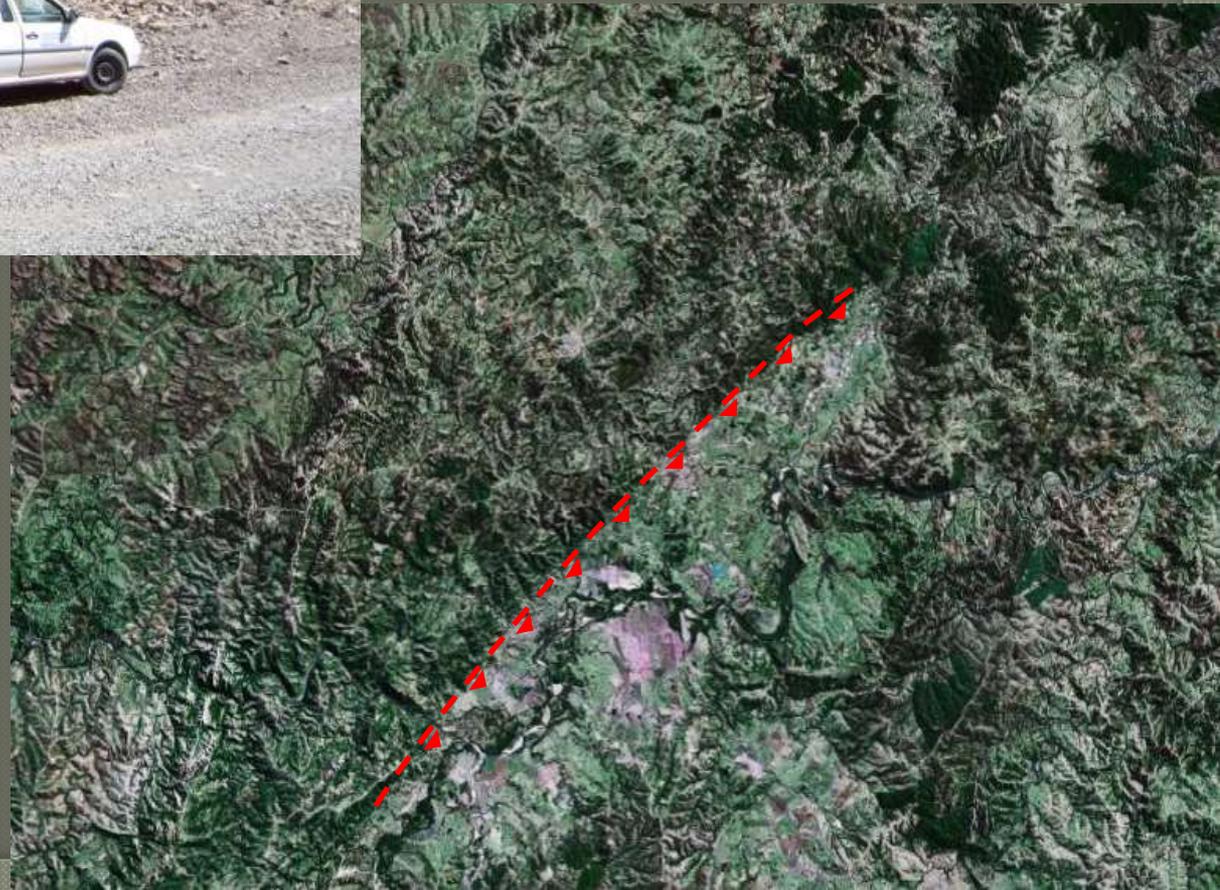




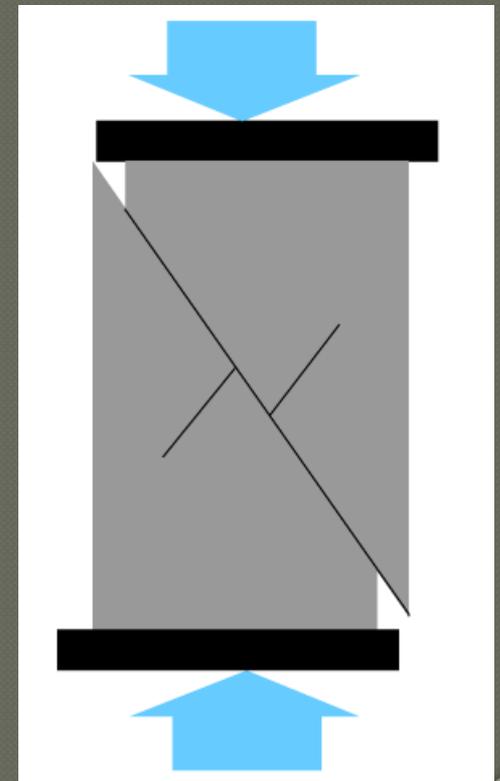
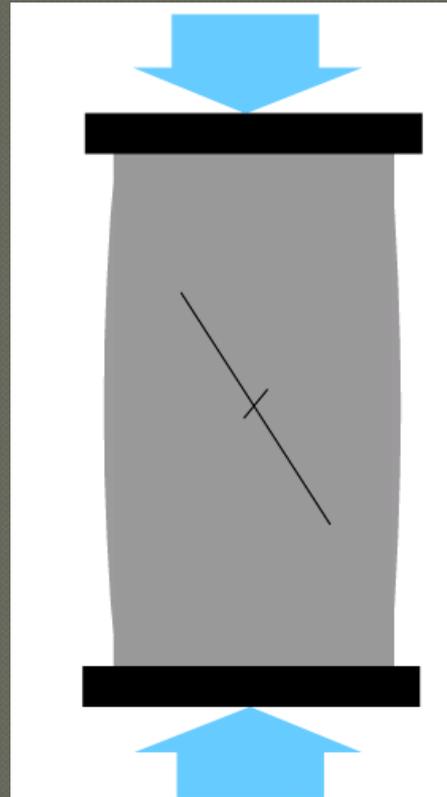
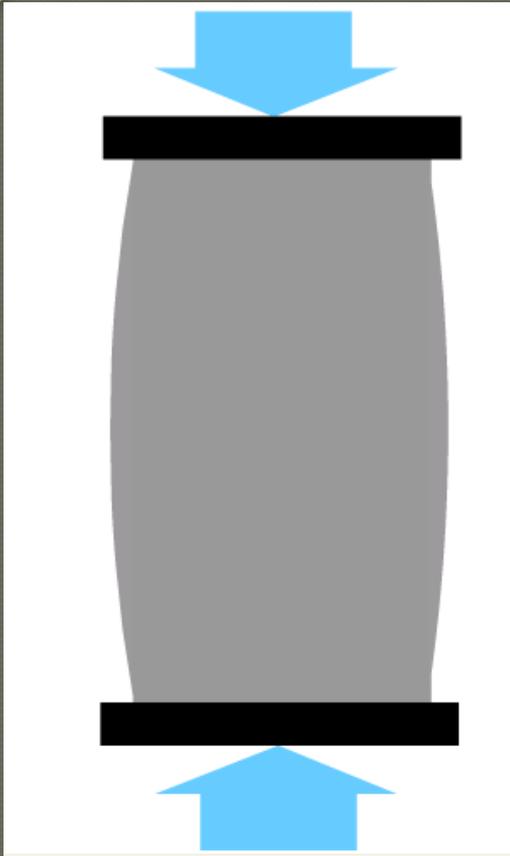


Cortes da RS-471,
trecho Barros Cassal –
Herveiras

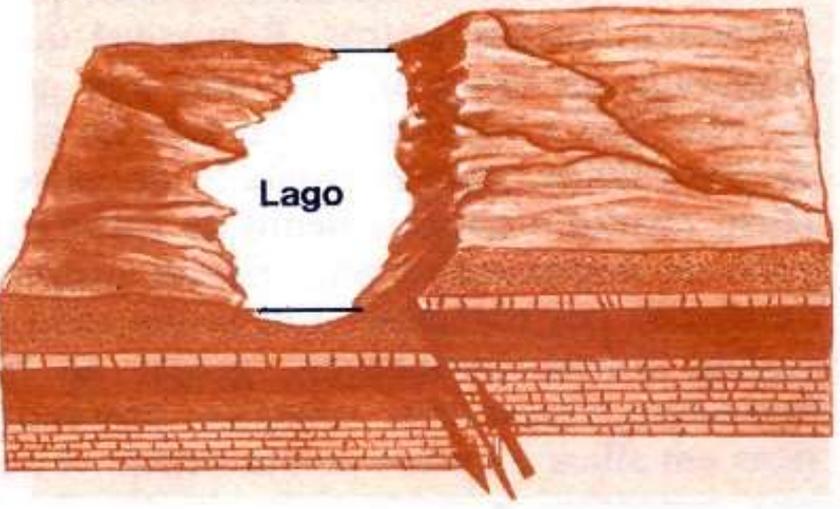
Falha de compressão
próxima a Santana da Boa
Vista - RS



Analogia das fraturas em um corpo de prova cilíndrico.



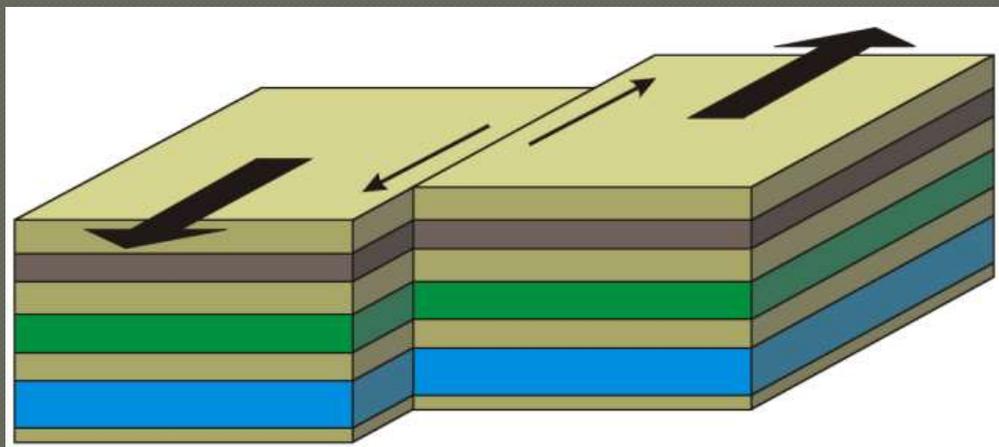
C



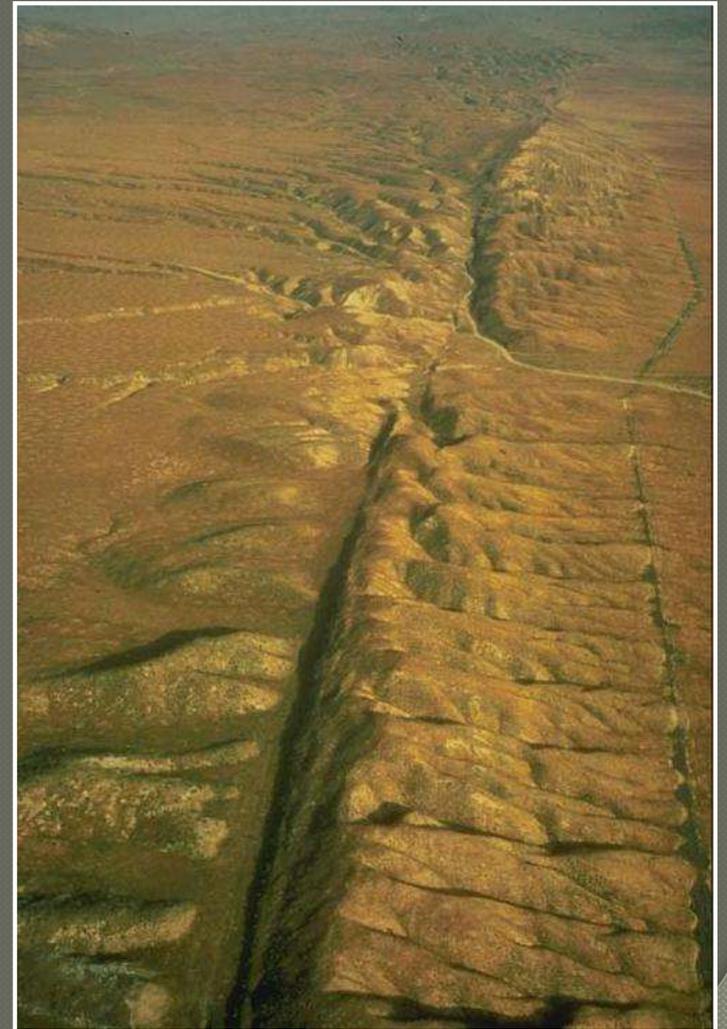
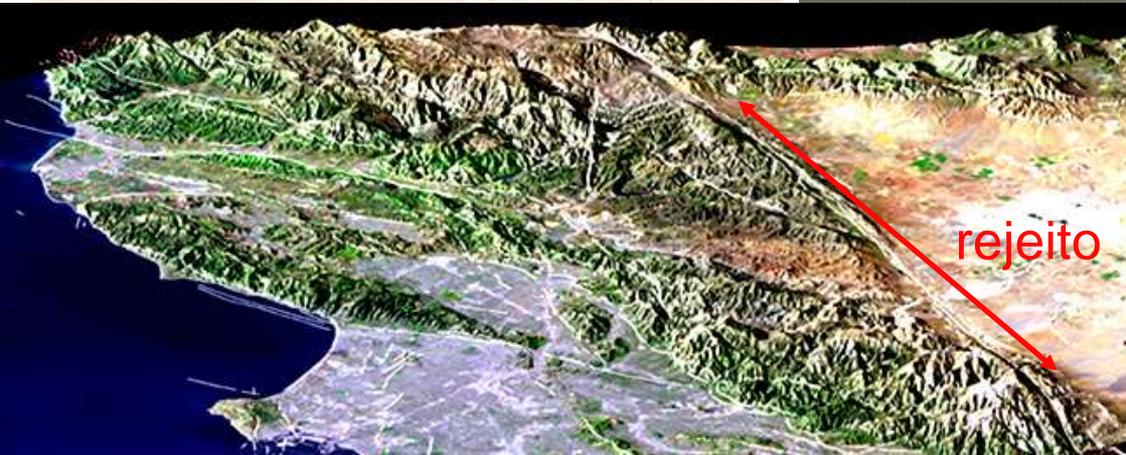
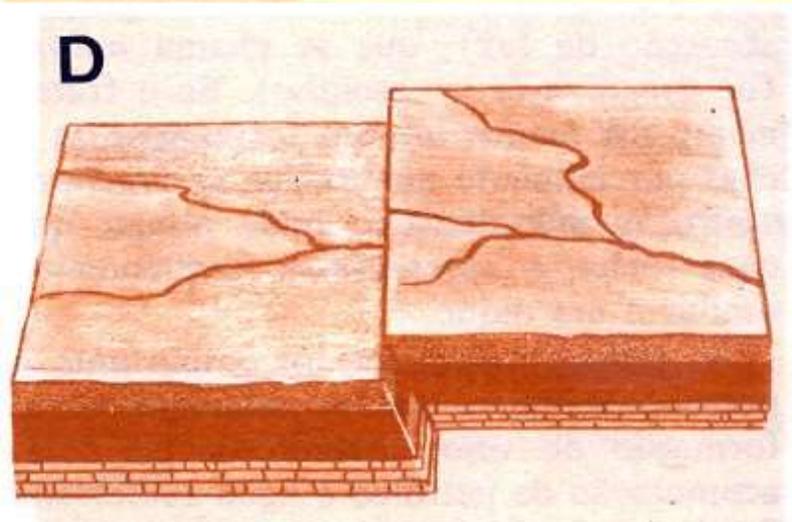
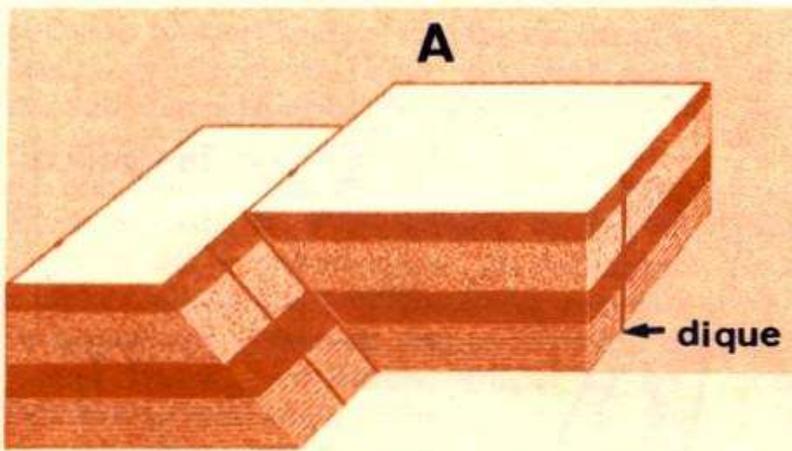
Falhas inversas e o relevo



FALHA TRANSCORRENTES

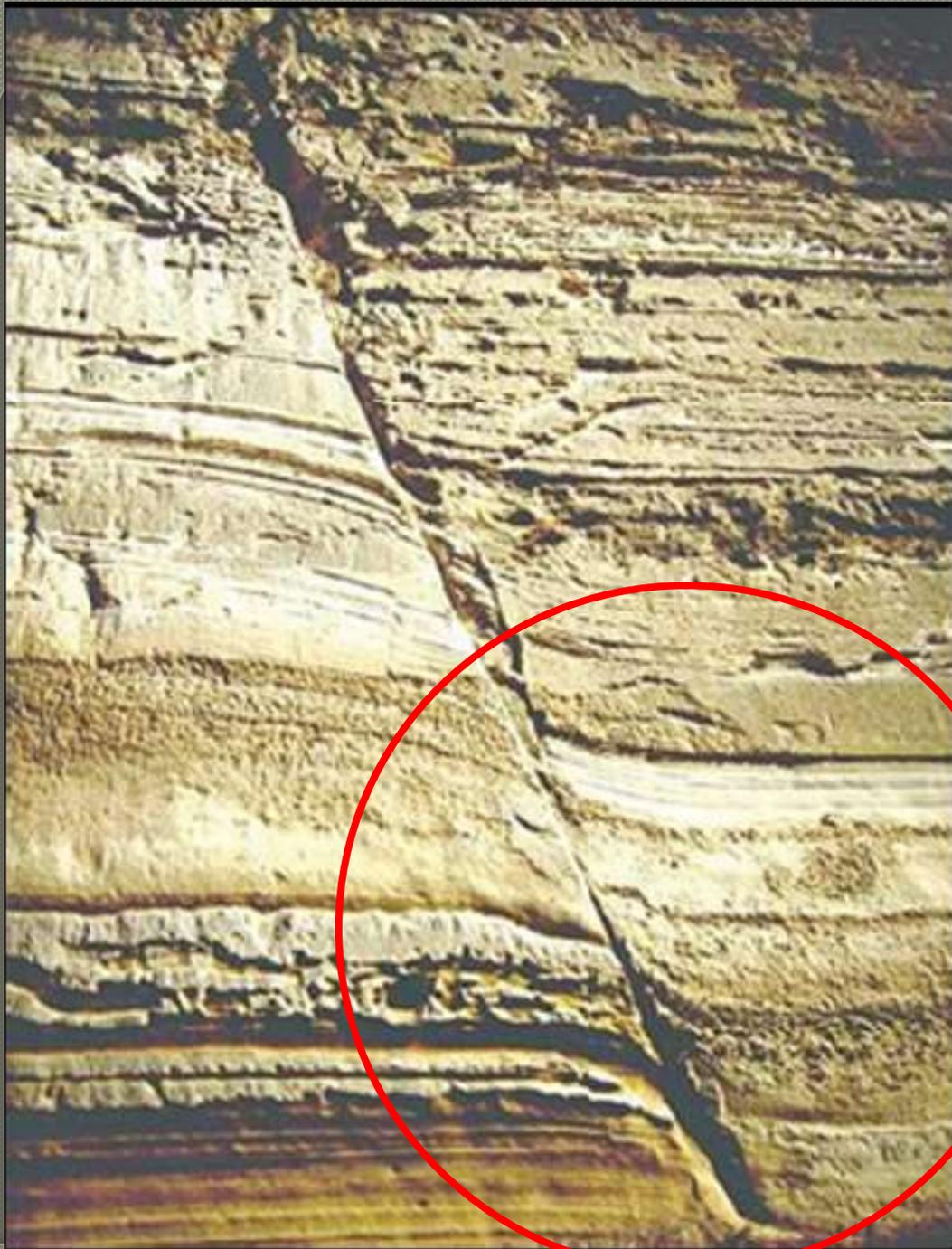


Falha transcorrente de Santo André, na Califórnia - EUA



Falhas transcorrentes e o relevo

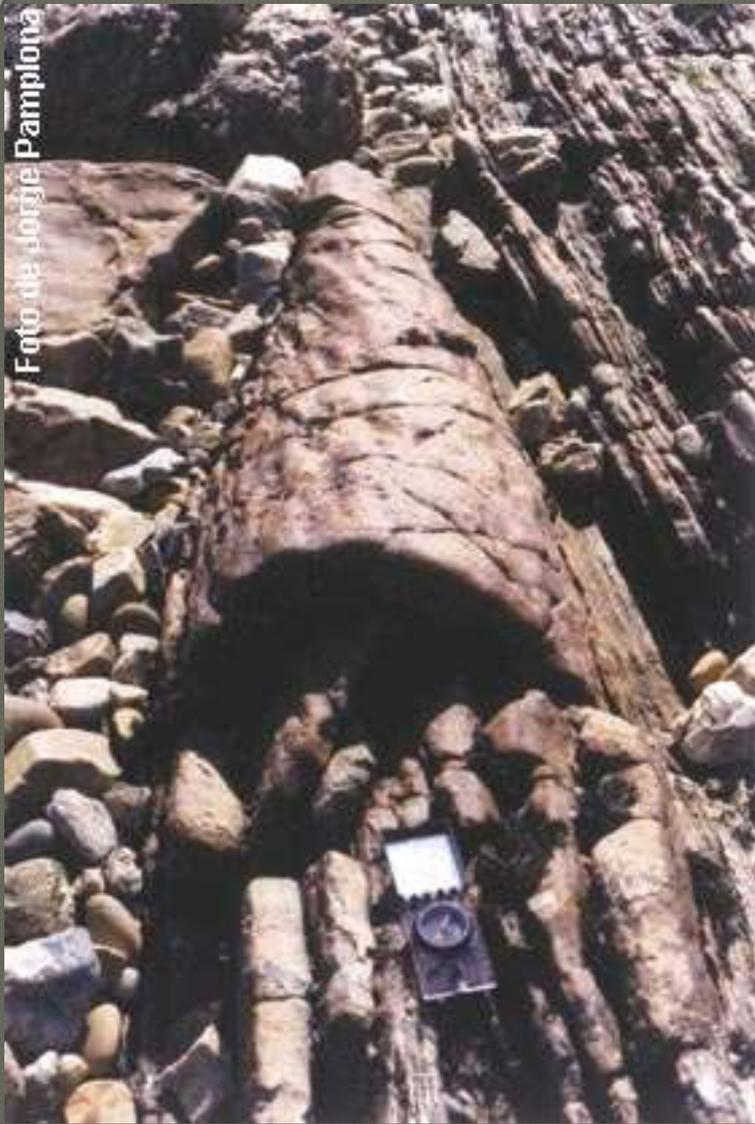




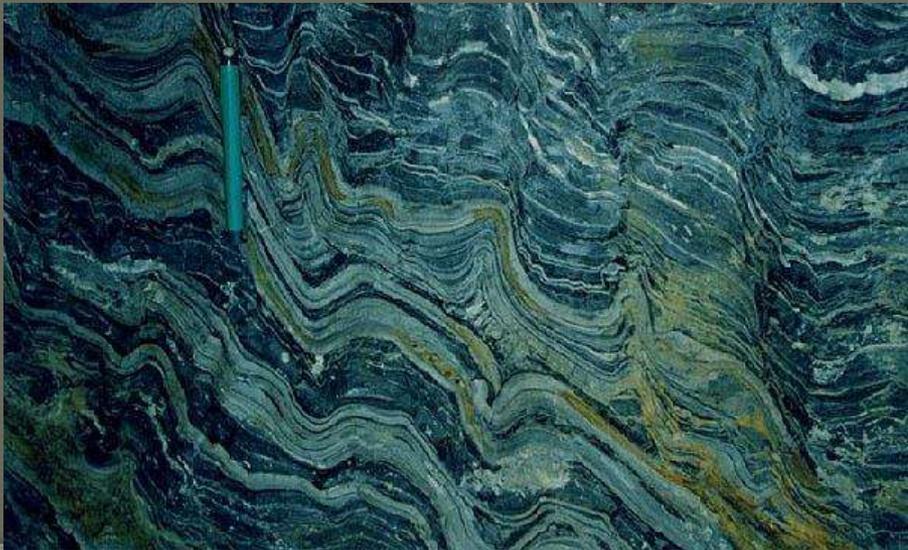
Falha de tração com
deformação nas
estratificações:
temperaturas altas

DEFORMAÇÕES DÚCTEIS: **DOBRAS**

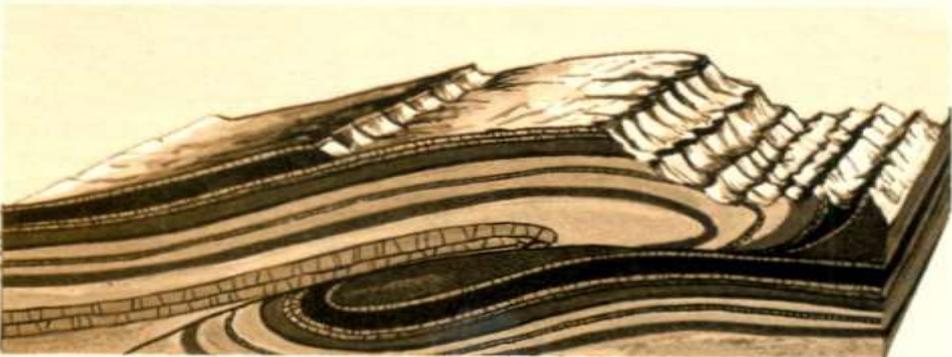
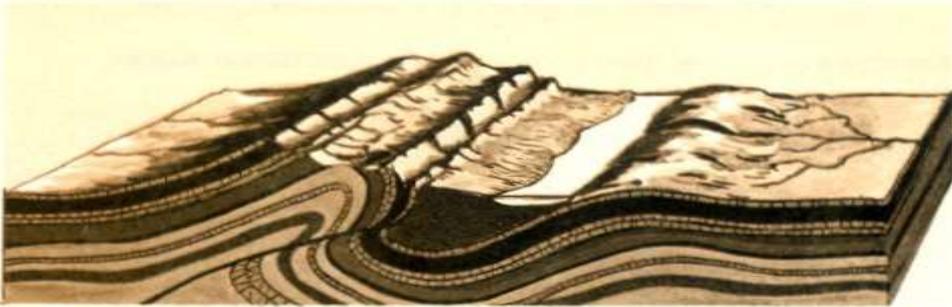




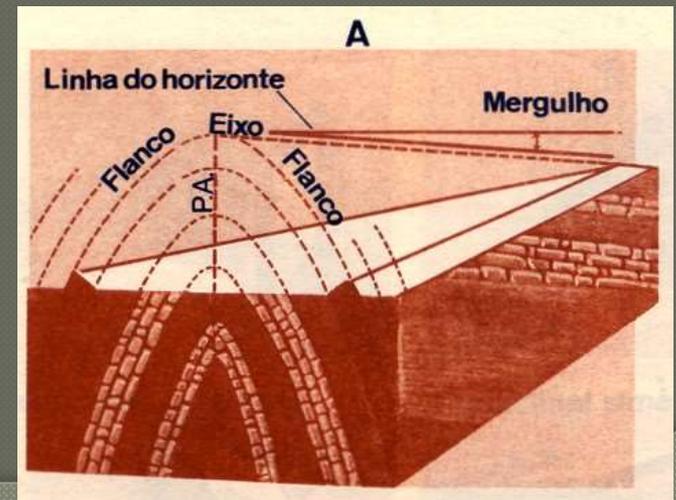
Escala das dobras



Dobras podem
influenciar o
relevo

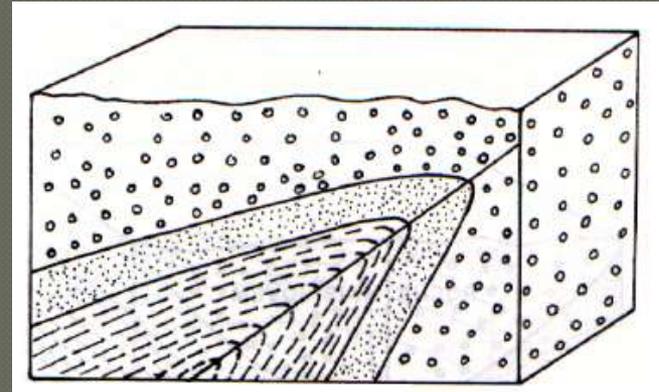
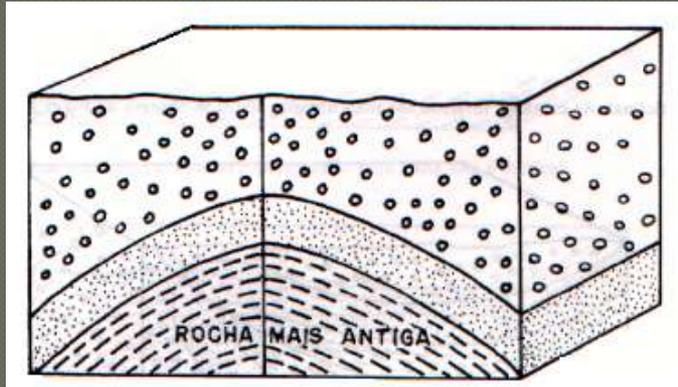


Componentes
geométricas de uma
dobra

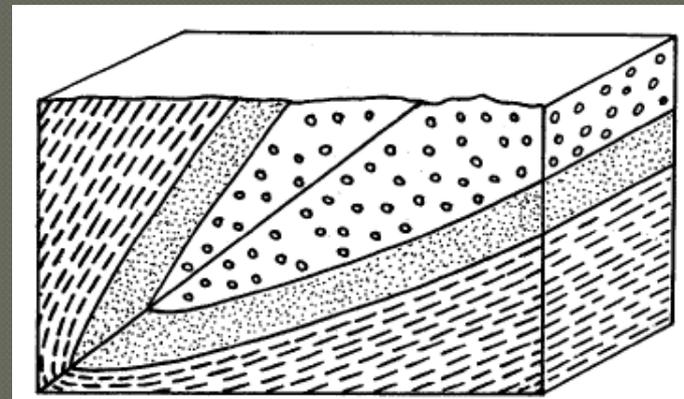
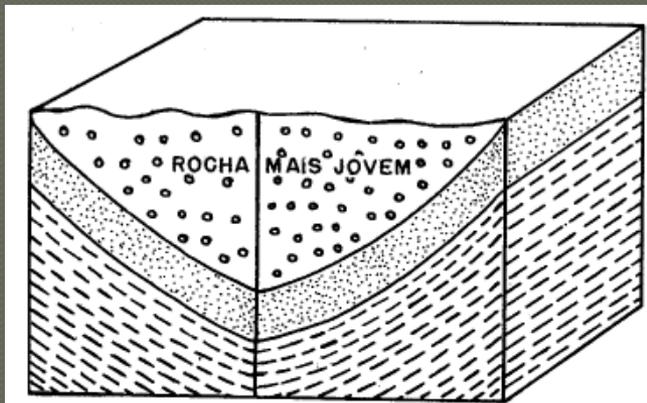


TIPOS DE DOBRAS

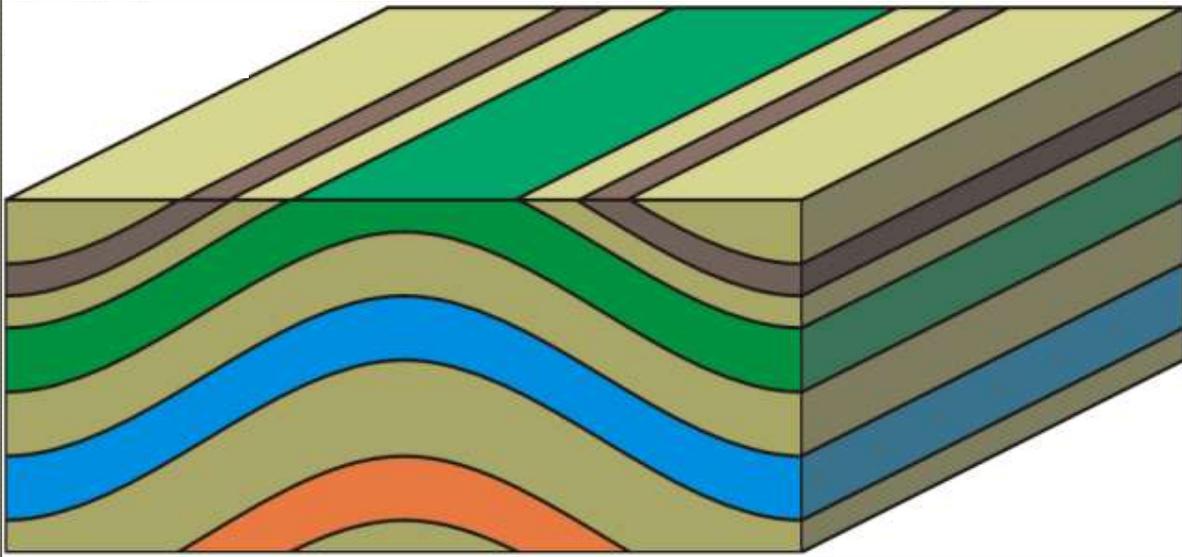
Anticlinal



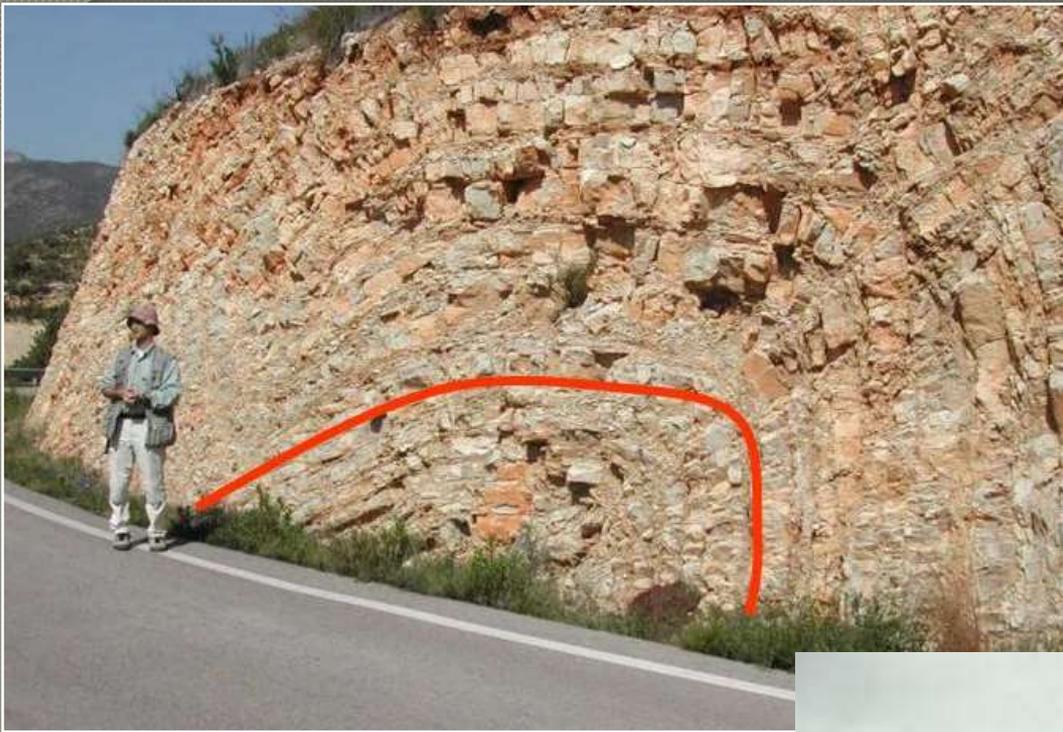
Sinclinal



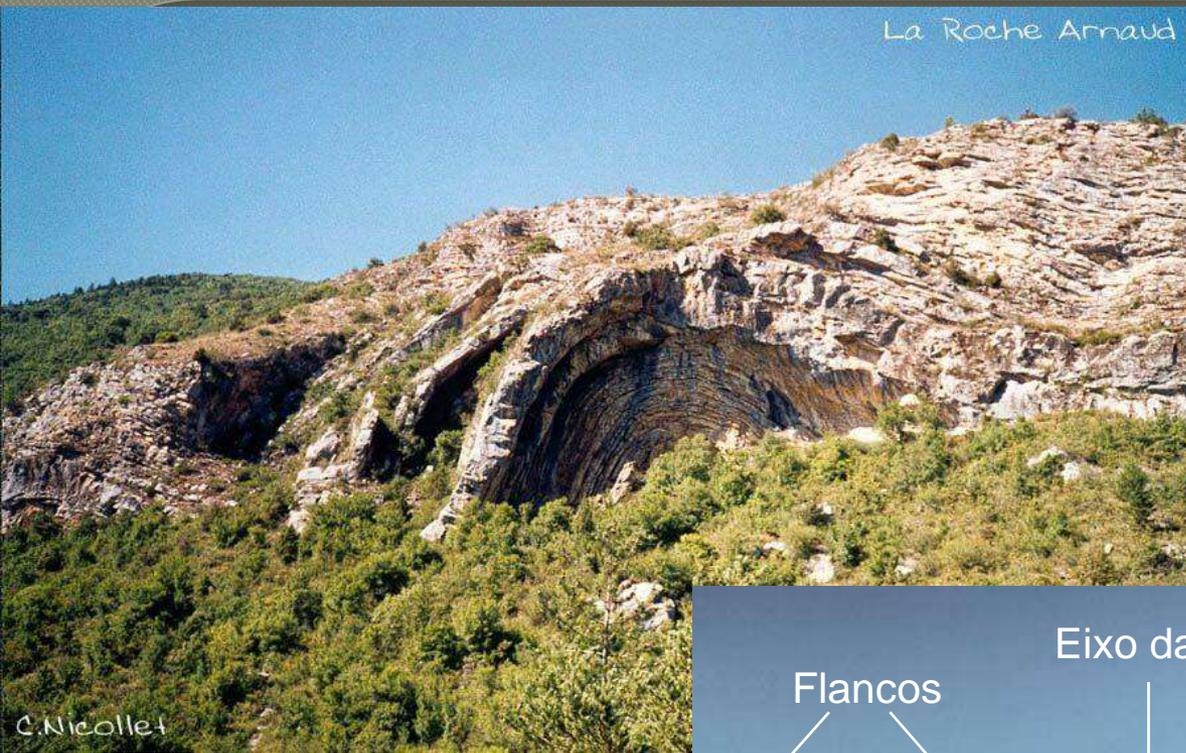
Anticlinal



Exemplos de anticlinal



La Roche Arnaud



C. Nicollet

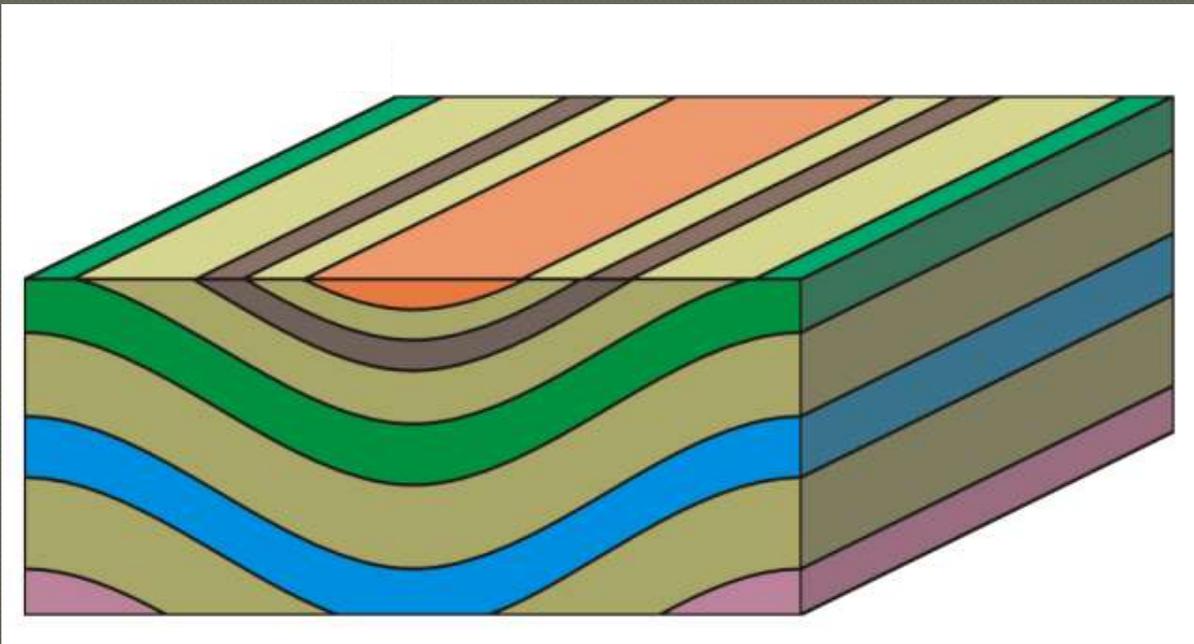


Flancos

Eixo da dobra

Flancos

Sinclinal



Exemplos de sinclinal

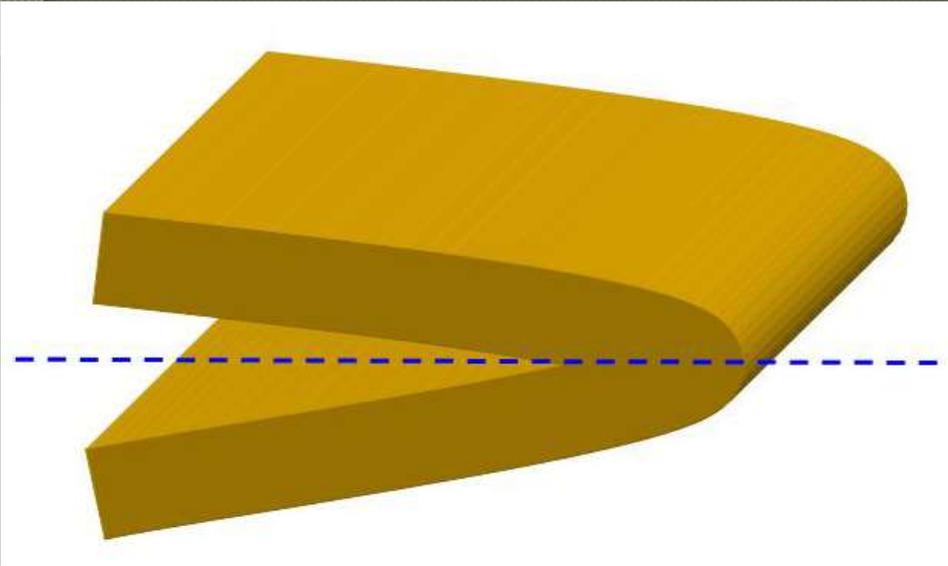


Exemplo de sinclinal
nas Astúrias.

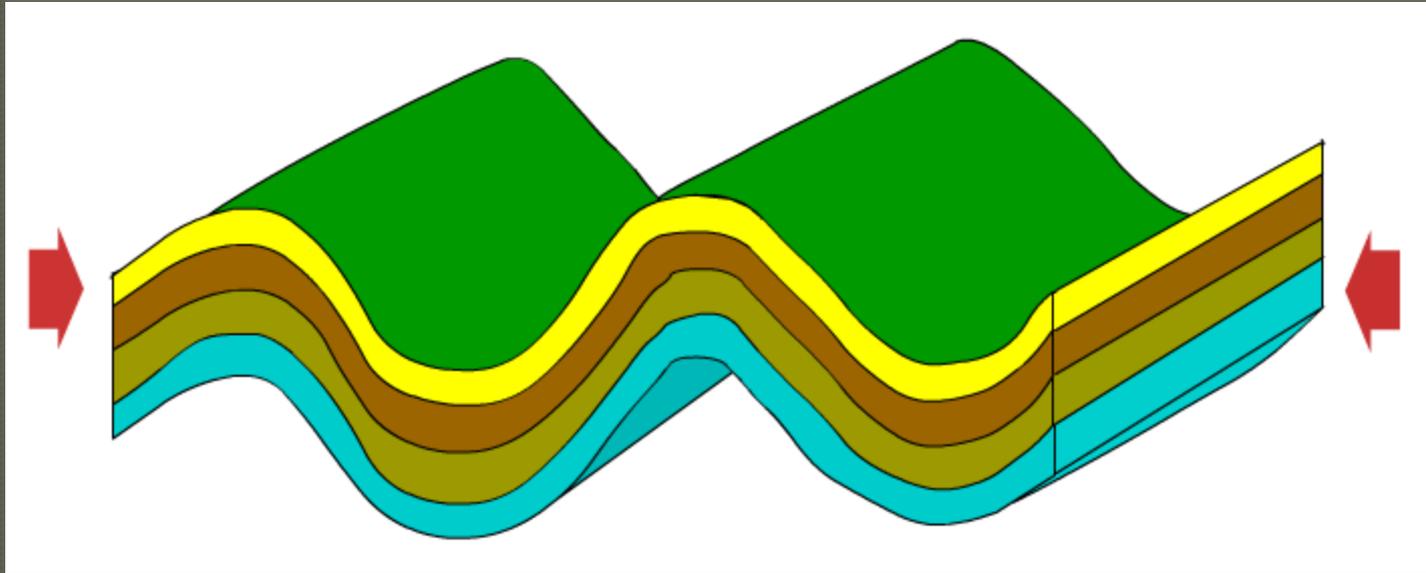


Dobra neutra

abertura se orienta lateralmente
metamorfismo de grau mais
elevado

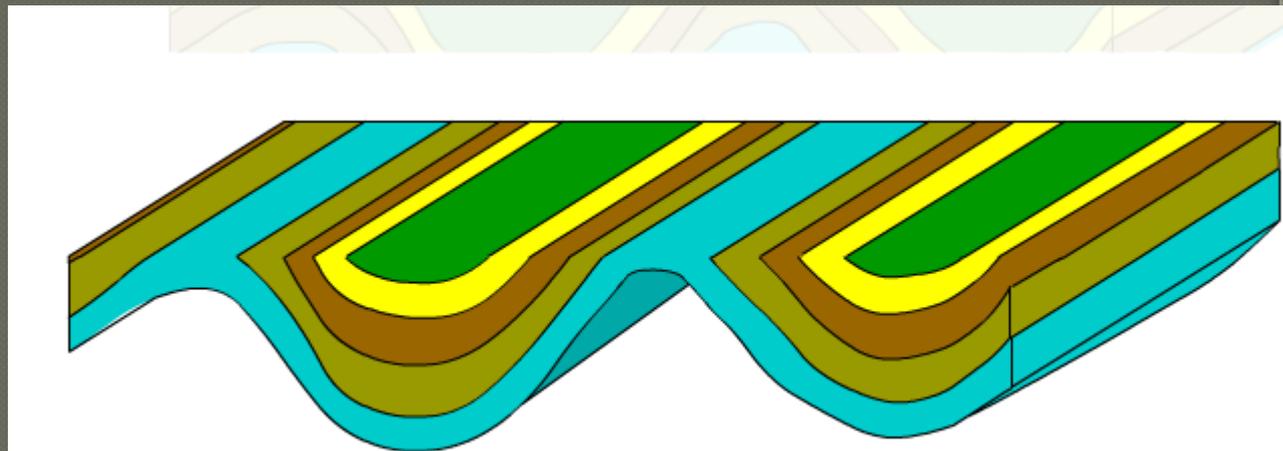


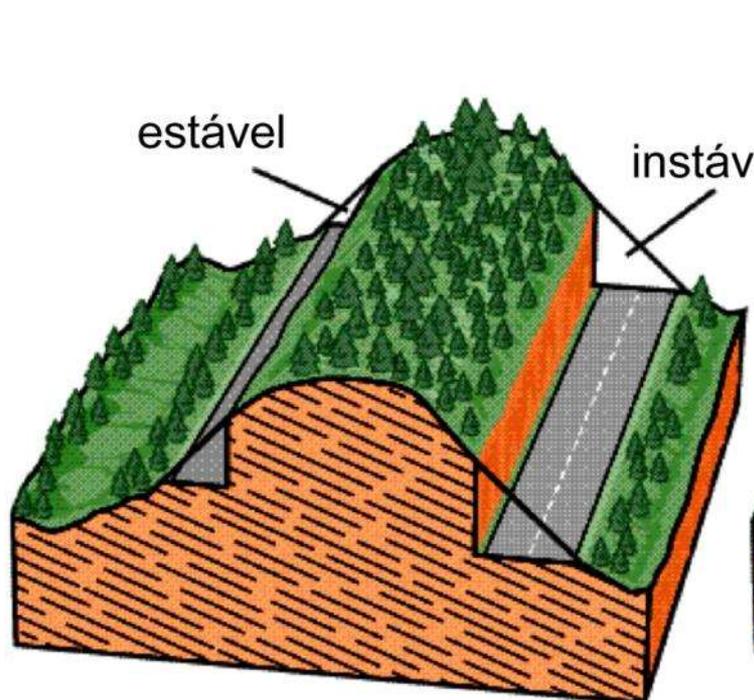
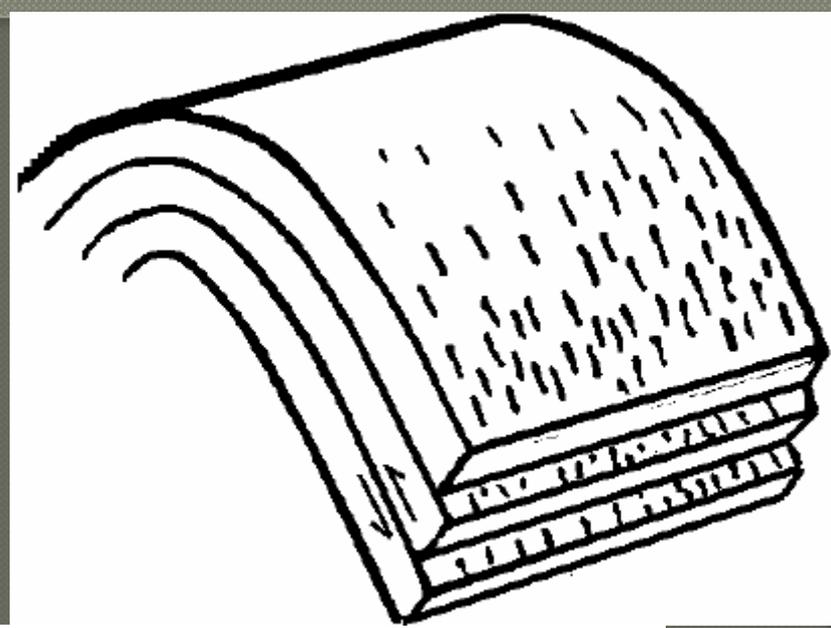
Dobras e suas implicações sobre as obras de engenharia



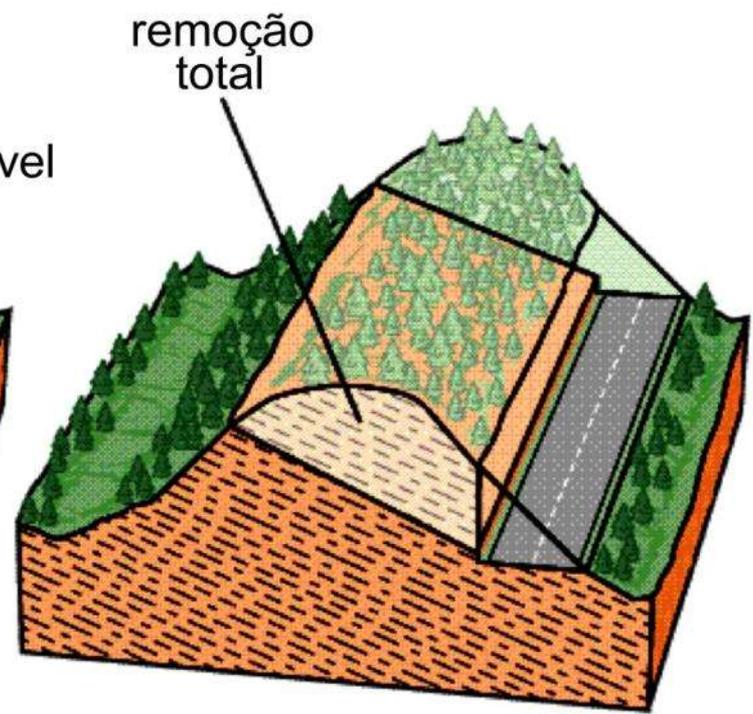
heterogeneidade do subsolo

intemperismo e
a erosão





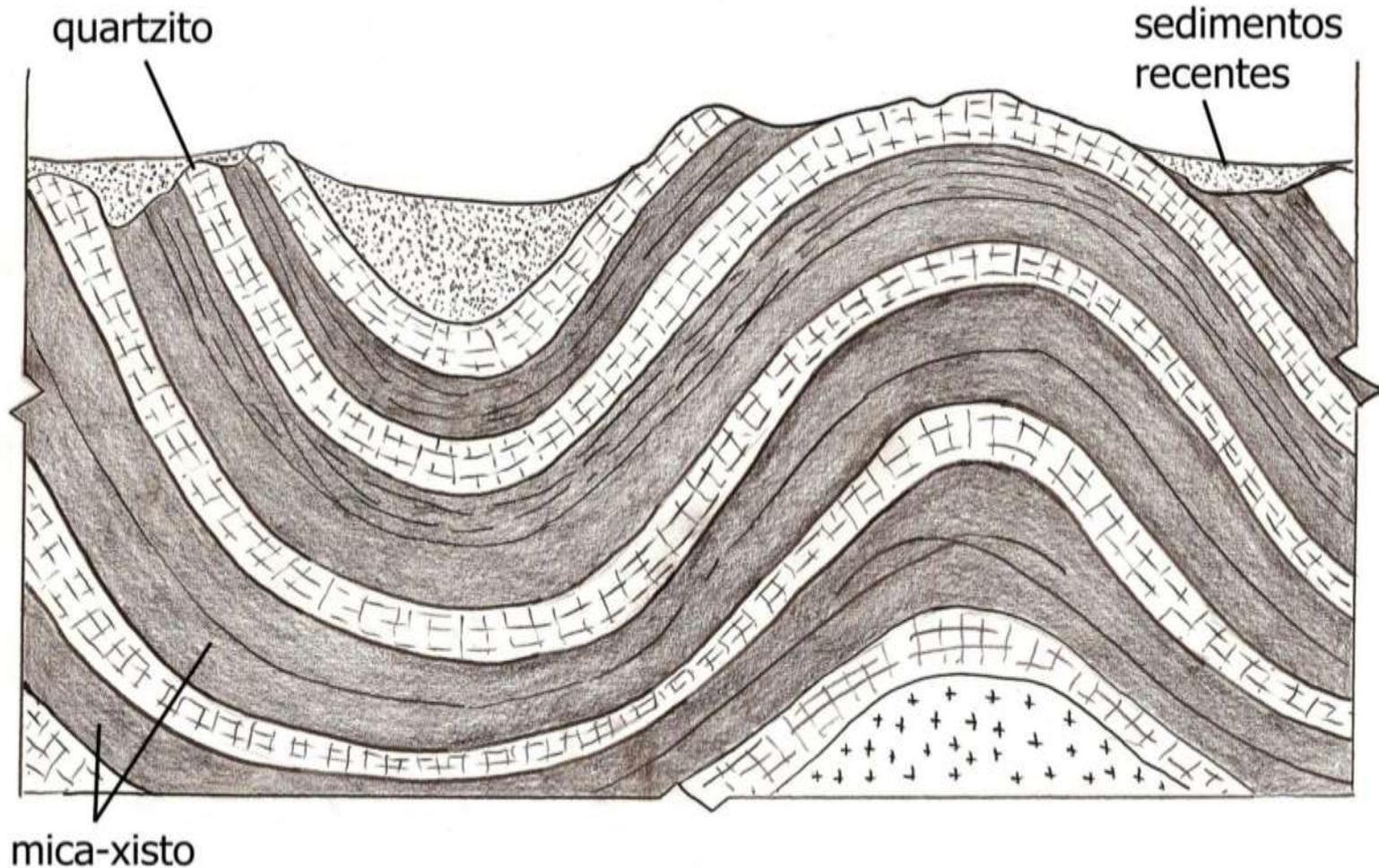
instável





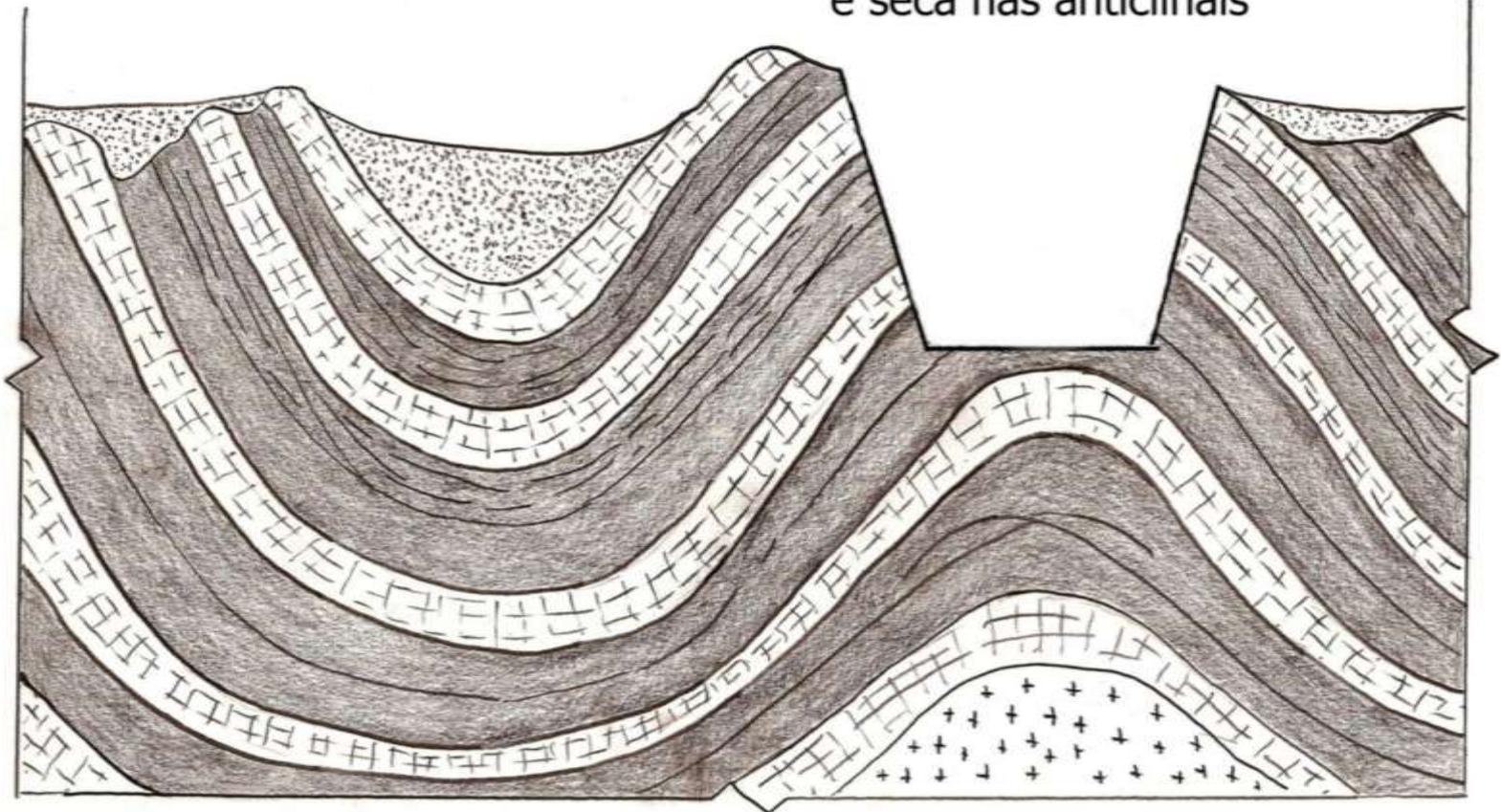
Relação das dobras com a estabilidade das escavações

Onde é melhor colocar a obra?



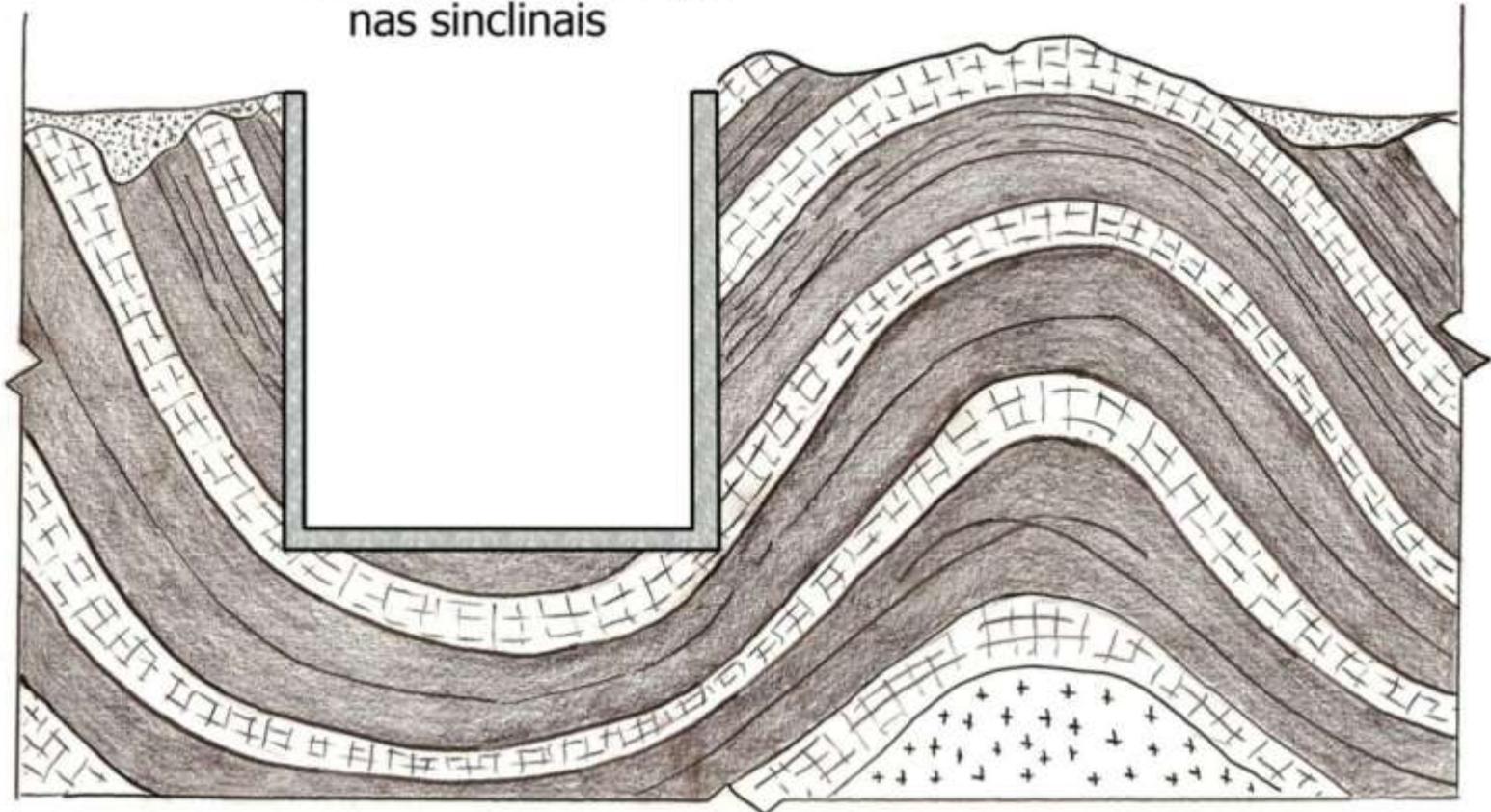
Relação das dobras com a estabilidade das escavações

escavação estável
e seca nas anticlinais



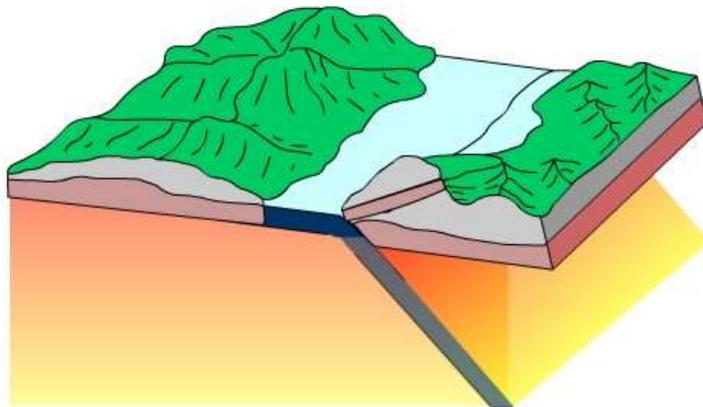
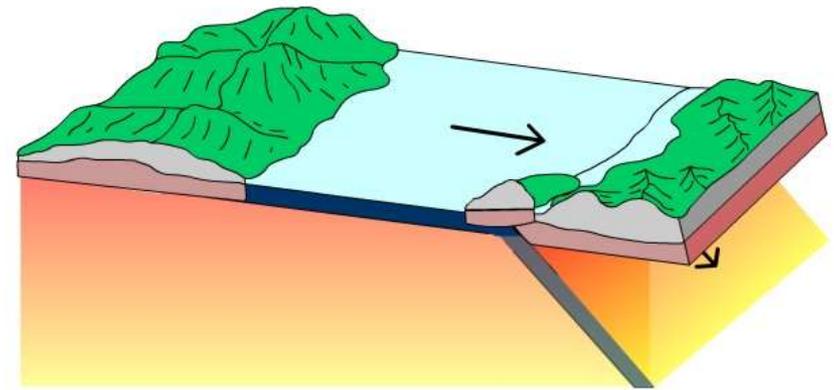
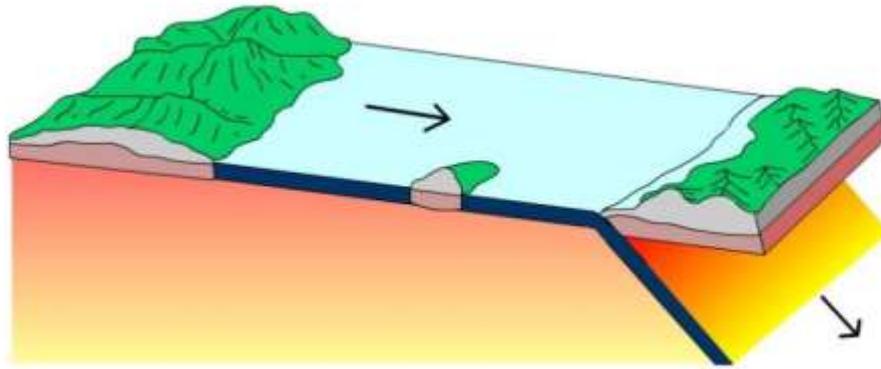
Relação das dobras com a estabilidade das escavações

paredes mais solicitadas e maior presença d'água nas sinclinais

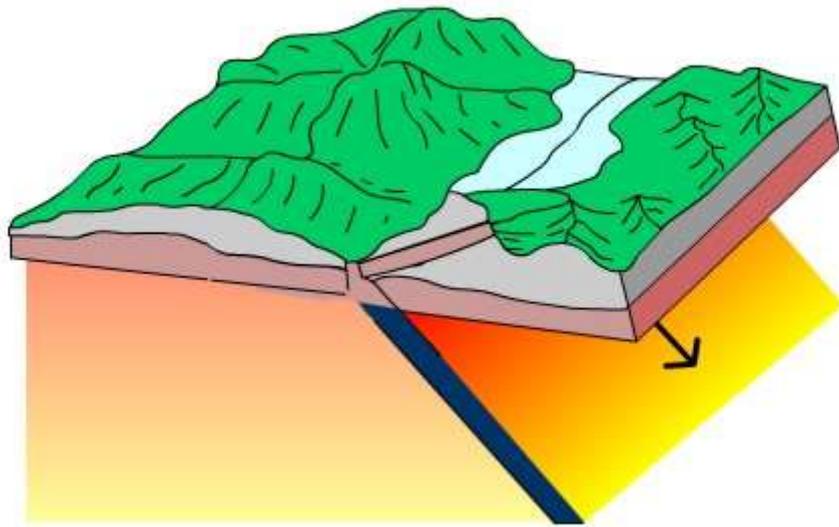


Relação das dobras com a drenagem

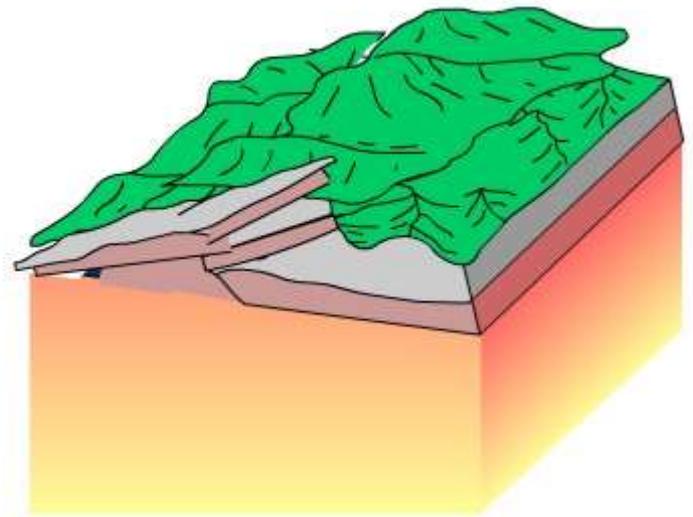


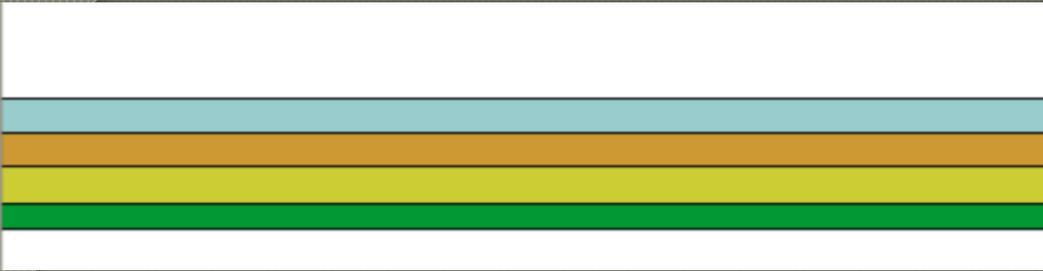


Dobras no choque de
placas continentais: nem
sempre são
organizadas...

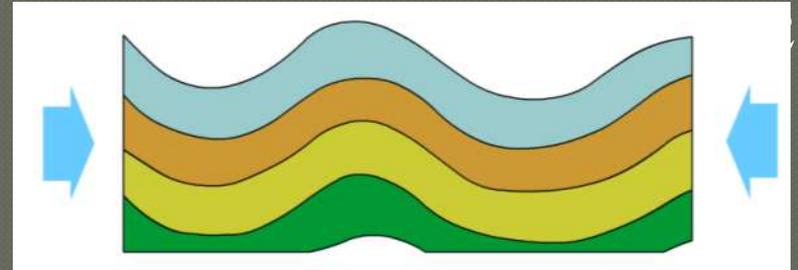


Dobras no choque de
placas continentais: nem
sempre são
organizadas...

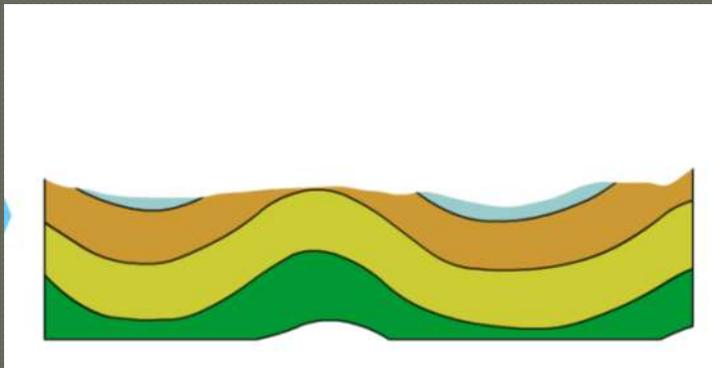




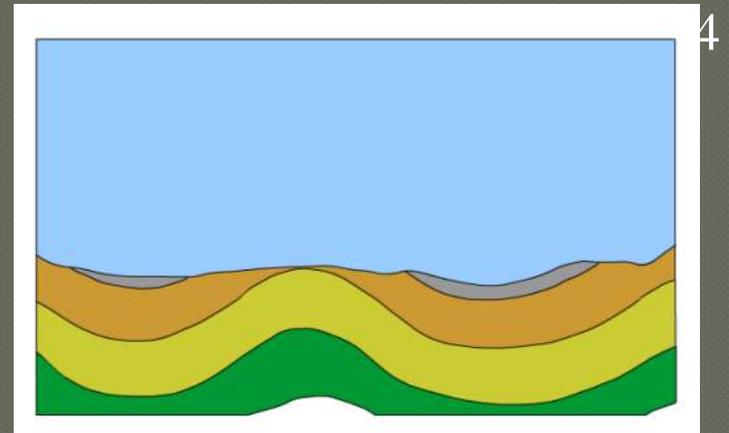
Camadas de rochas sedimentares



Regime compressivo: dobras

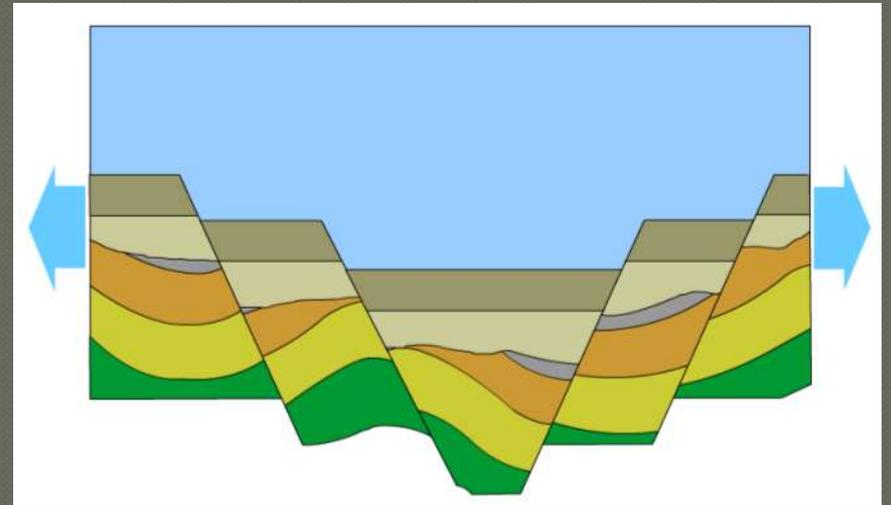


Erosão

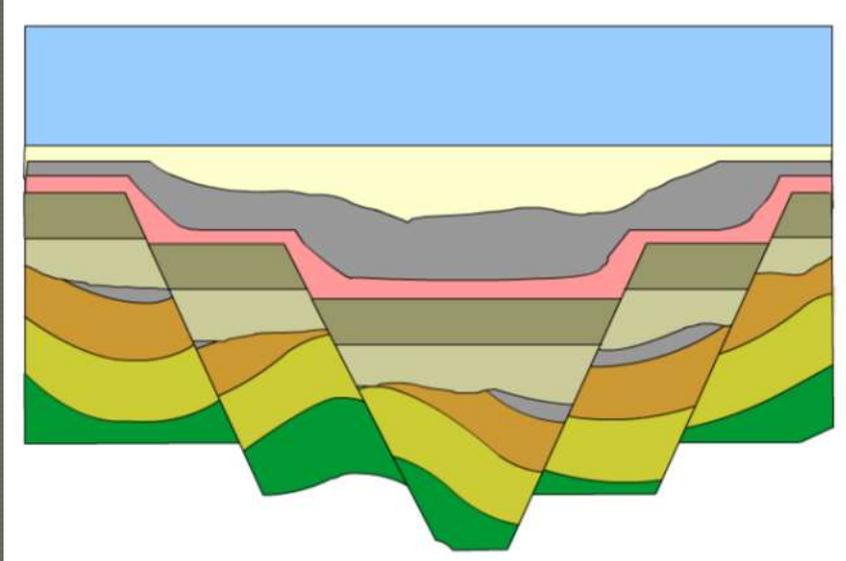


Rebaixamento do continente

Novos sedimentos

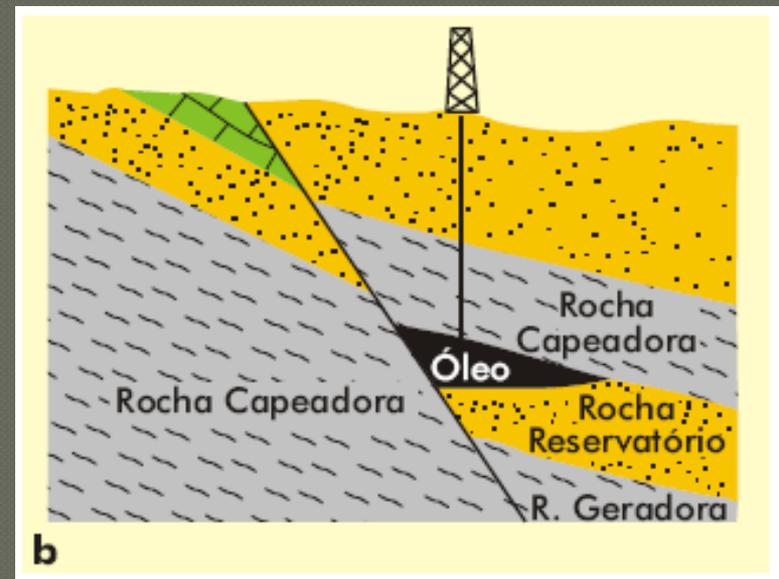
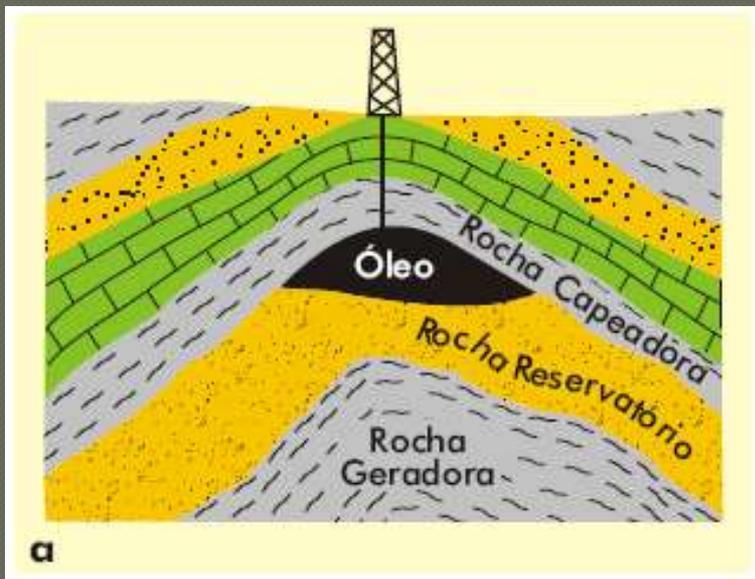


Regime distensivo: falhas normais



Novos sedimentos

Deformações na crosta e o petróleo



Exemplos de trapas: (a) anticlinal, (b) falha