

## Deformação da crosta terrestre e as estruturas das rochas



Geologia Geral – 0440100  
Prof. Renato de Moraes  
rmoraes@usp.br

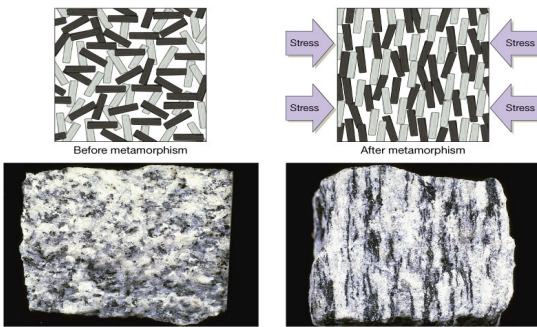
1

## Geologia Estrutural

- Na última aula nós vimos que algumas rochas metamórficas apresentam intensa estruturação, ou seja, seus minerais apresentam orientação preferencial
- Em geral, micas e anfibólios estão dispostos com certa orientação que gera a estrutura das rochas
- Isso ocorre porque as rochas foram submetidas à tensões no interior da crosta terrestre e quando os minerais metamórficos são formados, eles tendem a se cristalizar perpendicularmente à direção do esforço

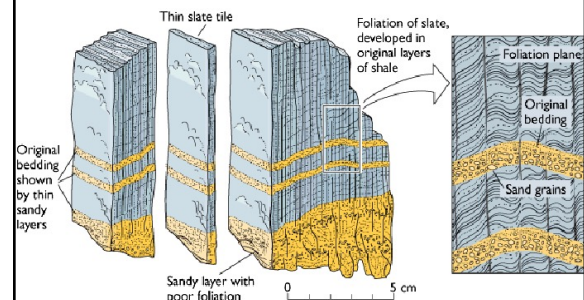
2

## Granito submetido à deformação e metamorfismo



3

## Formação da clivagem ardósiana



4



5

## Direção e mergulho das camadas

- A direção da camada é dada pelo ângulo formado entre a linha de intersecção entre a camada e um plano horizontal com o Norte geográfico
- O mergulho de uma camada é dado pelo ângulo de inclinação da mesma em relação a um plano horizontal
- A linha que marca o mergulho (linha de maior caimento) é perpendicular à direção da camada

6



## Tipos principais de estruturas

- Algumas rochas apresentam foliação, dobras e lineações
- Outras rochas apresentam falhas e fraturas
- O que controla o tipo de estrutura que as rochas apresentam?

13



14

cherts e arenitos  
Apolystra, Greece

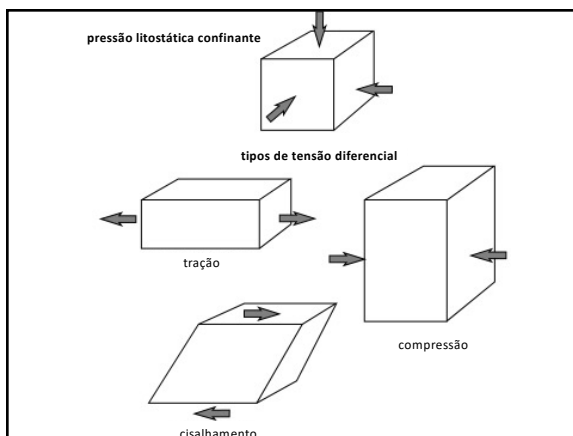


15

## Deformação

- Tensão deviatória (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

16

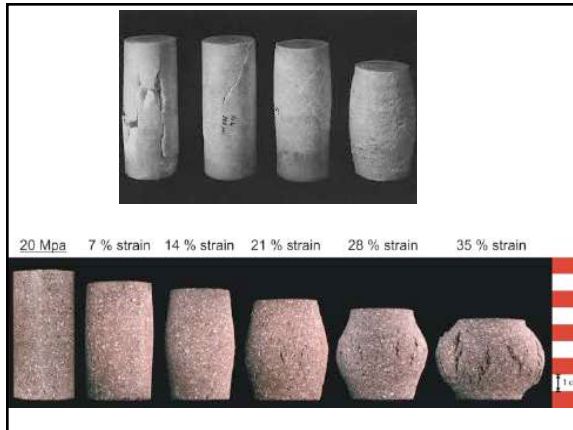


17

## Deformação elástica, rúptil e dúctil

- Quando as rochas são submetidas a esforços elas podem sofrer 3 tipos de deformação:
- Deformação elástica é reversível, assim que a tensão for retirada o corpo volta ao estado original
- Deformação dúctil é irreversível e ocorre quando o limite elástico do corpo é alcançado
- Deformação rúptil é irreversível e ocorre quando os limites elástico e dúctil do corpo são alcançados

18



19

## 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

20

## Deformação rúptil

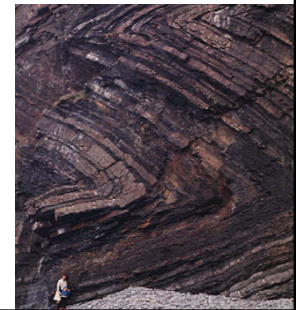
- A deformação rúptil é controlada por baixas pressões confinantes e baixas temperaturas
- Falhas e fraturas são geradas nas rochas



21

## Deformação dúctil

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



22

## Falhas

- As falhas são geradas quando o limite de ruptura do material é alcançado
- As falhas são formadas por movimentos abruptos e são marcadas por fraturas ao longo das quais ocorre movimento
- As falhas são estruturas rúpteis
- O plano da falha separa o corpo rochoso em dois blocos principais, a capa e a lapa
- As falhas envolvem movimentos, cujo rejeito varia entre poucos centímetros até centenas de quilômetros

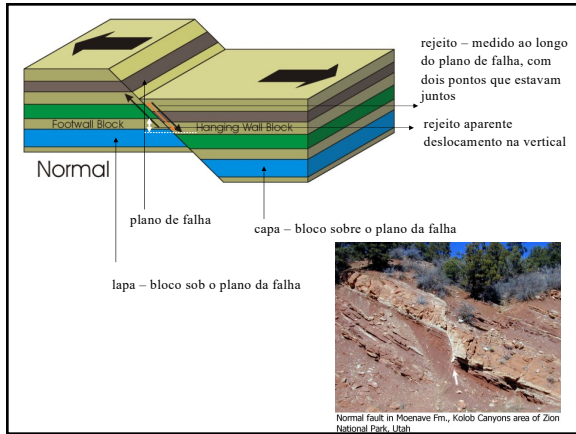
23

## Elementos geométricos das falhas

- Plano de falha – plano onde ocorre a fratura e o deslocamento; separa os dois blocos do corpo rochoso
- Capa – bloco sobre o plano de falha
- Lapa – bloco sob o plano de falha
- Estrias de falha - estrias formadas pela fricção e pela movimentação no plano da falha
- Rejeito – deslocamento medido ao longo do plano da falha
- Rejeito aparente – medido em relação a horizontal ou a vertical

24



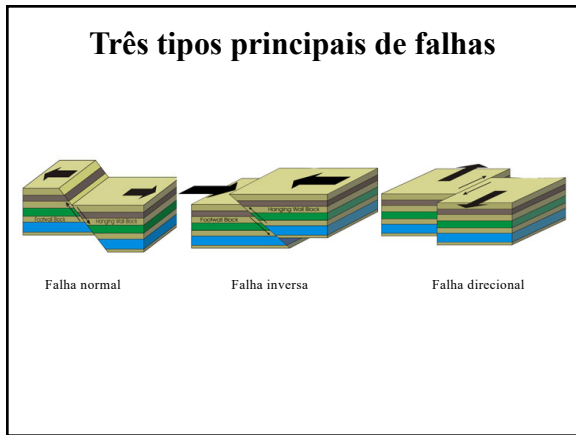


25

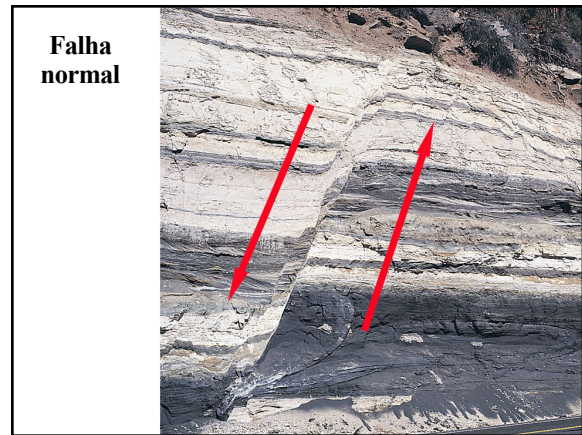
## Tipos de falhas

- Ocorrem três tipos principais de falhas
  - **normal** - quando a capa desce em relação à lapa
  - **inversa** - quando a capa sobe em relação à lapa
  - **direcional ou transcorrente** - quando o movimento é horizontal, a capa se desloca paralelamente à direção do plano da falha

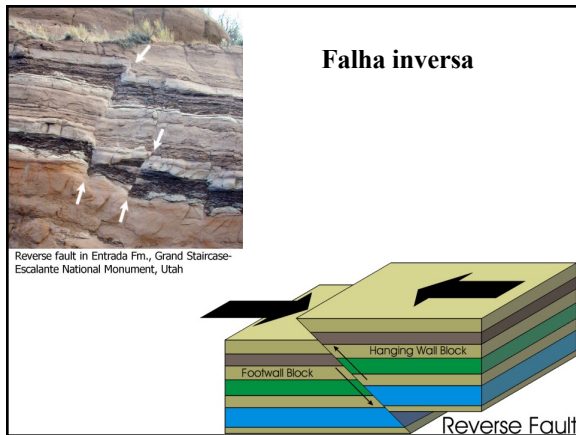
26



27



28

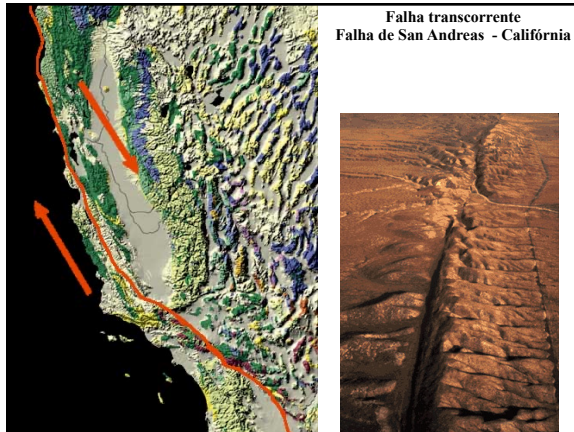


29



30

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



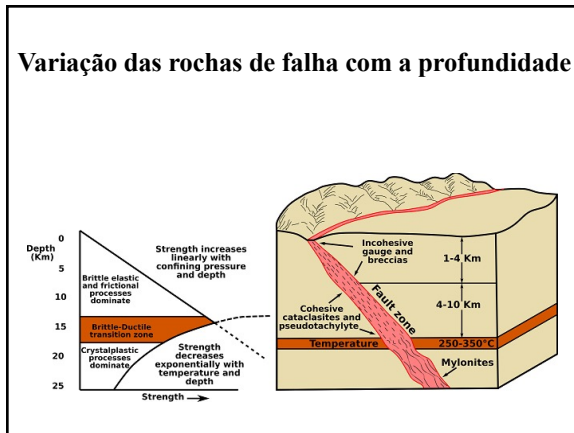
31

### Rochas de falha

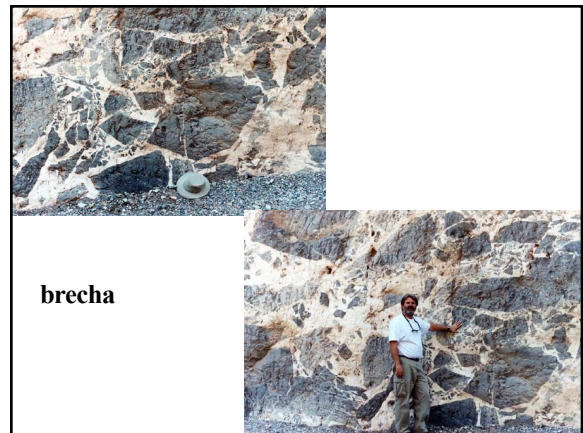
- Gouge (ou farinha de falha) ocorre quando a cataclase é tão intensa que ocorre a moagem da rocha original até granulometria muito fina
- Brecha é a rocha de falha comum
- Brecha é formada por fragmentos que são gerados pela cataclase (quebra) da rocha original
- Cataclasito é a rocha de falha mais comum – rocha coesa formada por cataclase – não ocorre orientação
- Pseudotaquilito é formado quando a fricção gera temperaturas muito elevadas que chegam a fundir a rocha no plano de falha

32

### Variação das rochas de falha com a profundidade



33



34

### brecha

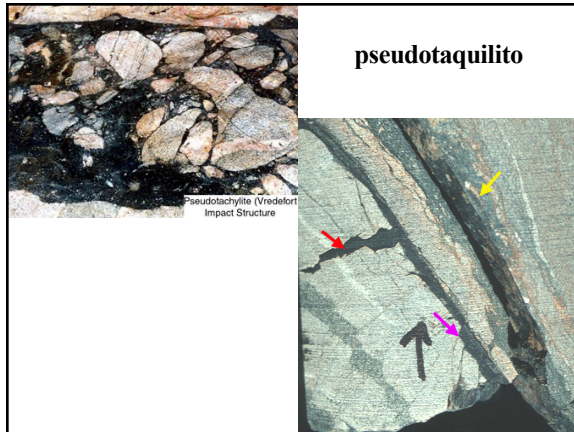


35



36





37

### Zonas de cisalhamento

- Quando uma rocha em condições de deformação dúctil é submetida à cisalhamento extremo são formadas as zonas de cisalhamento
- Milonitos são rochas típicas de zonas de cisalhamento

38



39



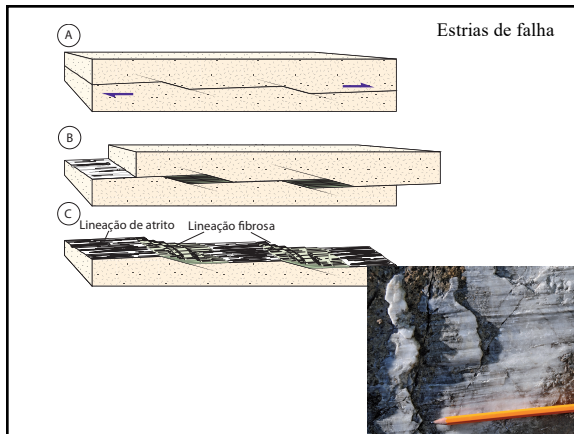
40



41



42



43

### Dobras

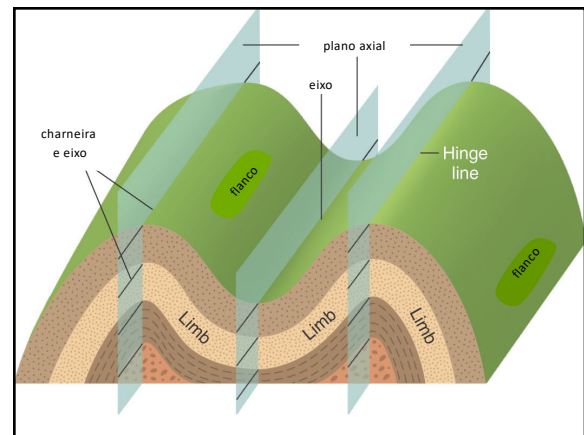
- Quando as temperaturas são mais elevadas as rochas assimilam a deformação através de dobramentos
- Dobras são flexões das camadas e podem ocorrer como leves ondulações até dobras fechadas
- As dobras são formadas por deformação dúctil, por compressão ou cisalhamento

44

### Elementos geométricos das dobras

- As dobras apresentam eixo, flancos, plano axial e charneira
  - eixo – linha que movimentada no espaço origina o desenho da dobra; medimos sua atitude na ápice ou na bacia da dobra
  - flancos – são os lados da camada dobrada e que ligam as charneiras
  - charneira – zona de maior inflexão da dobra; comum que o eixo esteja contido na charneira
  - plano axial – plano que contém os eixos de cada uma das camadas dobradas em uma dobra; muitas vezes funciona como plano de simetria da dobra

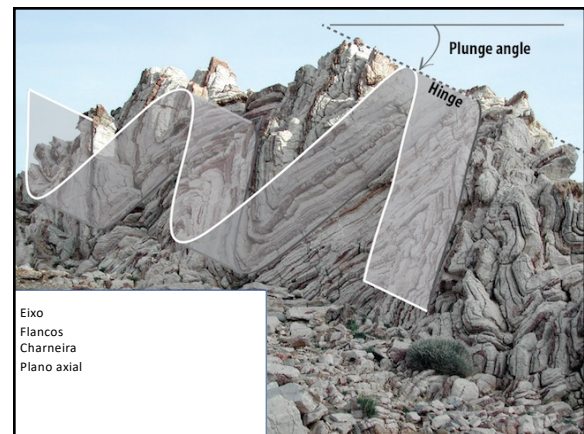
45



46



47



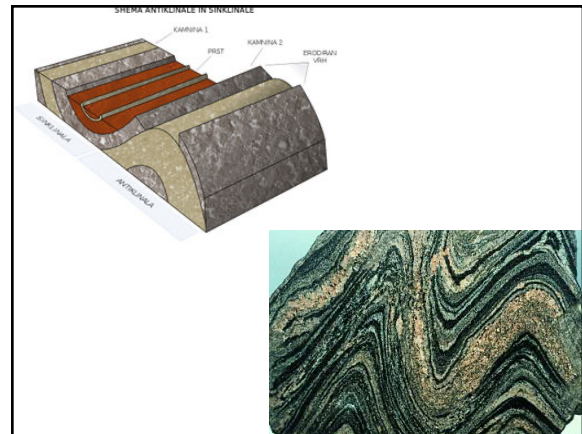
48



## Classificação das dobras

- Existem diversas classificações de dobras:
  - **sinforme** – quando a concavidade da dobra esta virada para cima
  - **antiforme** – quando a concavidade da dobra esta virada para baixo
  - **sinclinal** – quando as camadas mais antigas envolvem as camadas mais novas
  - **anticlinal** – quando as camadas mais novas envolvem as camadas mais antigas

49

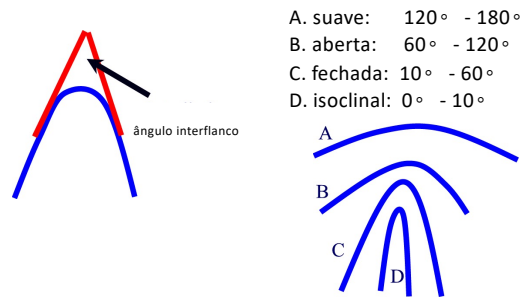


50



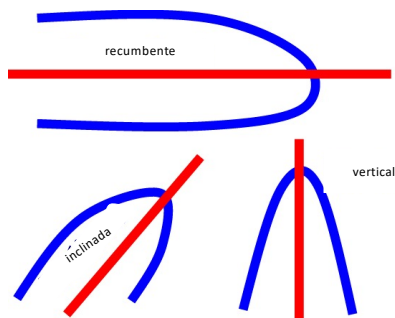
51

## Classificação usando ângulo entre os flancos



52

## Classificação usando orientação do plano axial

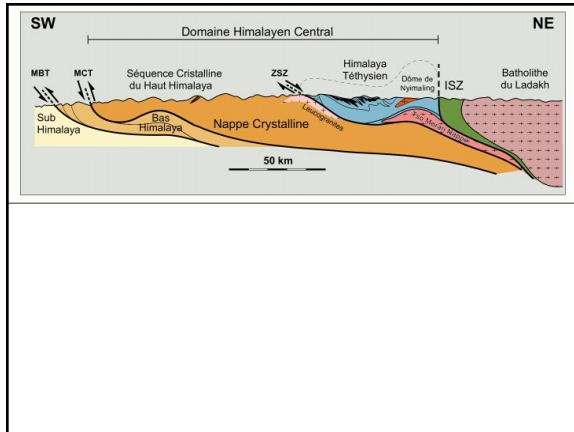


53

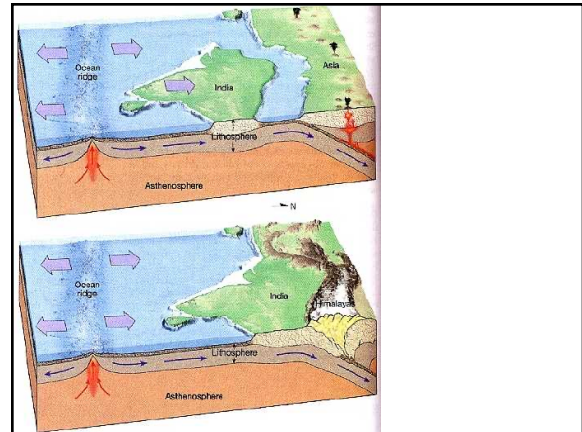
## Orogênese

- Orogênese é o nome dado ao processo de formação de cadeias de montanhas
- A orogênese esta relacionada com a colisão de placas tectônicas e formação de dobras, foliações, lineações e zonas de cisalhamento são comuns nas suas zonas mais profundas, enquanto que as falhas predominam nas porções mais raras da crosta envolvida na orogenia
- A orogênese envolve esforços predominantemente compressionais (pelo menos no estágio colisional)

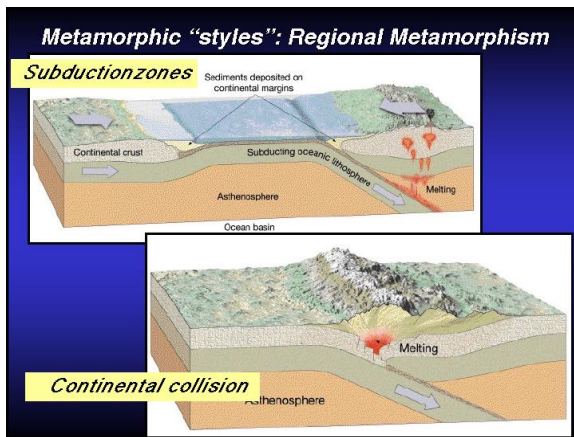
54



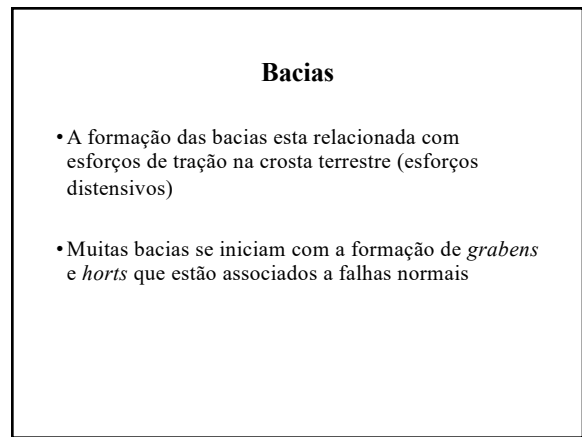
55



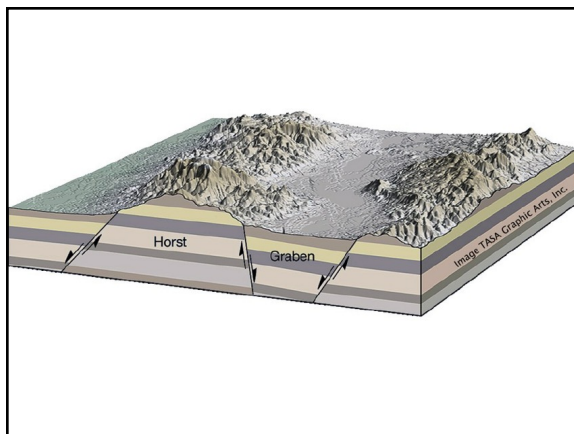
56



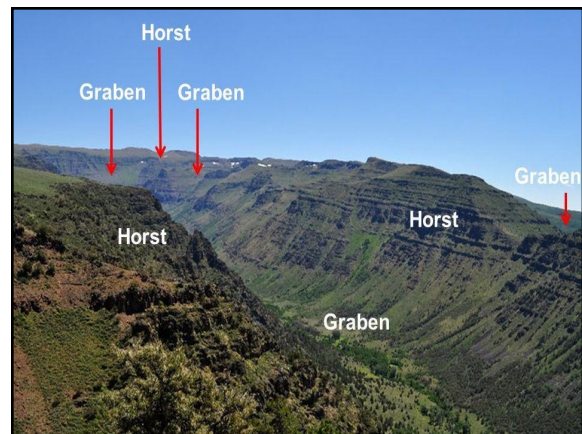
57



58



59



60

Egydio Silva, M. e Machado, R. 2009. Deformação das Rochas: estruturas e processos. Capítulo 16. In: TEIXEIRA, W., FAIRCHILD, T., TOLEDO, M.C.M. & TAIOLI, F. (2009) Decifrando a Terra. 2ª Edição, São Paulo, SP: Companhia Editora Nacional. 420 – 445.

Marshak, S. 2001. Portrait of a Planet. Chapter 11. Norton. 319 – 346.