

## Materiais geológicos, ciclo das rochas, dinâmica externa interna

Prof. Renato de Moraes  
Instituto de Geociências da USP  
0440100 Geologia Geral

moraes@usp.br

USP Universidade de São Paulo  
Brasil

1

## Materiais geológicos

- A Terra é formada por uma série de materiais: solos, minerais, rochas, fósseis, sedimentos
- A formação desses materiais está relacionada aos processos ou da dinâmica interna ou da dinâmica externa
- Ambas dinâmicas se relacionam ao ciclo das rochas

2

## Dinâmica Externa (exógena)



3

## Dinâmica Externa (exógena)

- Dinâmica externa está relacionada com os processos que ocorrem na superfície do planeta Terra, tais como:
  - Intemperismo e formação de solos
  - Erosão, formação e transporte de sedimentos
  - Sedimentação
  - Transformação e formação do relevo
- No entanto alguns desses processos podem ser controlados por processos da Dinâmica Interna
- Fonte de calor: Sol

4

## Dinâmica Interna (Endógena)



5

## Dinâmica Interna (Endógena)

- Dinâmica Interna está relacionada com os processos que ocorrem no interior do planeta Terra tais como:
  - Formação de magmas (e vulcanismo)
  - Metamorfismo
  - Movimentação das Placas
  - Terremotos
- Alguns desses processos acabam influenciando a Dinâmica Externa
- Fonte de calor: decaimento radioativo dos elementos e “calor primordial”

6

## Ciclo das Rochas

- Transformações do ciclo associadas aos:
  - **Processos endógenos (interior)**
    - formação de magma (vulcanismo e plutonismo)
    - tectonismo
    - dobramentos e falhamentos
    - metamorfismo
    - terremotos
    - soerguimentos e abatimentos da crosta
  - **Processos exógenos (superfície)**
    - intemperismo das rochas
    - erosão e transporte de sedimentos
    - denudação de cadeia de montanhas

7

## Materiais geológicos

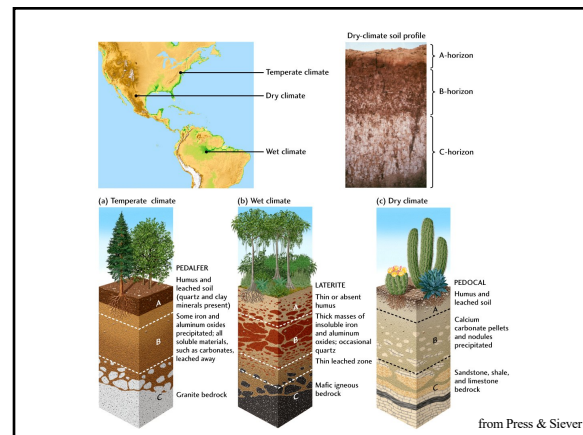


8

## Solo

- Definição geológica: **O solo é o resultado da alteração das rochas.** Ele é rico em matéria orgânica, apresenta perfil característico.
- **O solo é a camada superficial agriculturável da crosta.**

9



10



**Definição da agricultura:** solo corresponde à massa natural que compõe a superfície da Terra que suporta ou é capaz de suportar plantas. Essa massa contém matéria viva e é resultante da ação do clima e da biosfera sobre a rocha, que é seu material de origem. A transformação da rocha em solo se realiza durante um certo tempo e é influenciada pelo tipo de relevo

<https://boaspraticasagronicas.com.br/artigos/tipos-de-solo/>

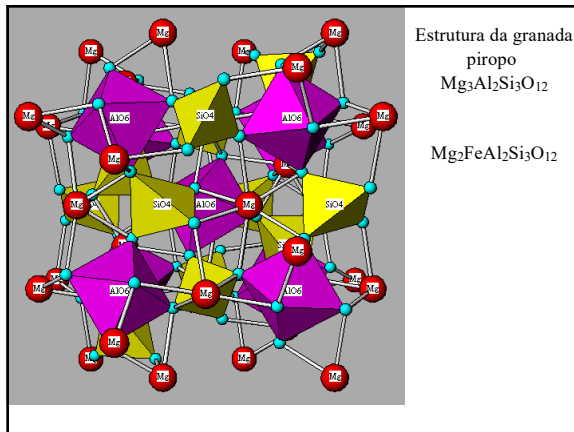
11

## Mineral

- sólido homogêneo;
- natural;
- formado por processos inorgânicos;
- **composição química** definida (mas não fixa);
- arranjo atômico altamente ordenado;  
(**estrutura cristalina** definida)

*IMA Definition: (Periódico Can. Mineral. 1998) - A mineral substance is a naturally occurring solid that has been formed by geological processes, either on Earth or in extraterrestrial bodies. A mineral species is a mineral substance with well defined chemical composition and crystallographic properties, and which merits a unique name*

12



13

## Cristal



- sólido poliédrico
- limitado por faces planares e orientadas que manifestam um arranjo interno ordenado de átomos ou moléculas não importando se é natural, artificial, inorgânico, ou orgânico
- diferentes definições são encontradas



Fluorite      Halite      Calcite

14

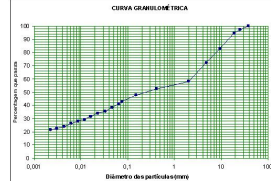
- **Mineraloide**
  - substância natural que, por um ou outro motivo, **NÃO se encaixa na definição** de mineral. Em geral, são substâncias **amorfas**
- **Minério**
  - mineral ou rocha economicamente explorável – ou seja é um conceito que varia com a economia

15

## Sedimento

- material inconsolidado (sem coesão) gerado pela erosão de outras rochas
- ocorre com várias tamanhos (granulometrias) desde argila (<0,004 mm) até grandes blocos (> 256 mm)



16



17

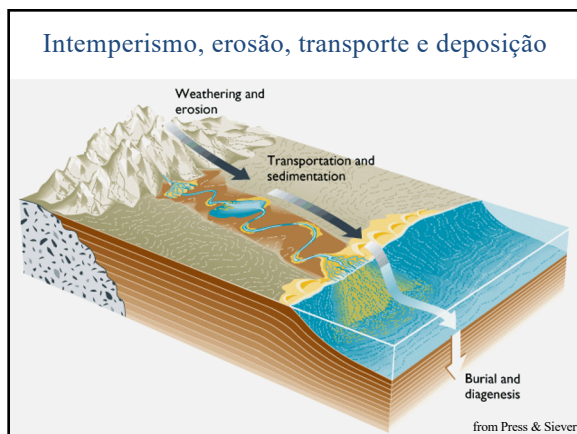
### Classificação dos sedimentos por granulometria

*Tabela 9.1* Classificação dos sedimentos segundo a granulometria

Intervalo granulométrico (mm)	Classificação nominal			
	Proposição original (inglês)	Tradução usual (português)		
> 256	GRAVEL	Boulder	CASCALHO	Matacão
256-64		Cobble	(ou balastra em Portugal)	Bloco ou calhaus
64-4,0		Pebble		Seixo
4,0-2,0		Granule		Grânulo
2,0-1,0	SAND	Very coarse sand	AREIA	Areia muito grossa
1,0-0,50		Coarse sand		Areia grossa
0,50-0,250		Medium sand		Areia média
0,250-0,125		Fine sand		Areia fina
0,125-0,062		Very fine sand		Areia muito fina
0,062-0,031	SILT	Coarse silt	SILTE	Silte grosso
0,031-0,016		Medium silt		Silte médio
0,016-0,008		Fine silt		Silte fino
0,008-0,004		Very fine silt		Silte muito fino
<0,004	CLAY	Clay	ARGILA	Argila

Decifrando a Terra

18



19

### Rocha

- Rocha é um agregado natural **consolidado** de um ou mais minerais e/ou mineralóides, cuja associação represente um processo petrogenético comum

Granite (rocha)  
Quartz (mineral) Hornblenda (mineral) Feldspar (mineral)  
from Press & Siever

20

### Três Grupos de Rochas

- Rochas ígneas** – formadas pelo resfriamento e cristalização da lava ou do magma
- Rochas sedimentares** – formadas pela litificação dos sedimentos: acúmulo e consolidação de materiais provenientes da degradação de rochas pré-existentes
- Rochas metamórficas** – formadas a partir de transformações mineralógicas, texturais e estruturais de rochas pré-existentes (metamorfismo)

21

### Três Grupos de Rochas

Tipo de rocha e material-fonte	Processo formador da rocha	Exemplo
<b>ÍGNEA</b> Fusão de rochas na crosta quente e profunda e no manto superior	Cristalização (solidificação de magma ou lava)	Granito com cristalização grossa
<b>SEDIMENTAR</b> Intemperismo e erosão das rochas expostas na superfície	Deposição, soterramento e litificação	Arenito acamado
<b>METAMÓRFICA</b> Rochas sob altas temperaturas e pressões nas profundezas da crosta e no manto superior	Recristalização em estado sólido de novos minerais	Gnaíse

from Press & Siever

22

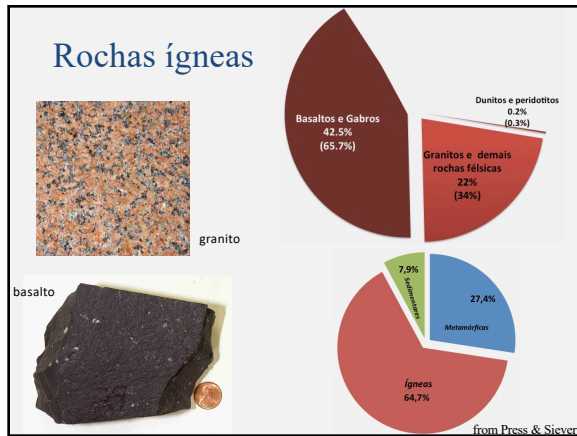
### Três Grupos de Rochas

The diagram shows a cross-section of the crust. Two circular insets provide a quantitative view: 'Land surface area' shows a small portion of igneous and metamorphic rocks and a larger portion of sedimentary rocks; 'Crustal volume' shows a much larger volume of igneous and metamorphic rocks compared to sedimentary rocks. The source is 'from Press & Siever'.

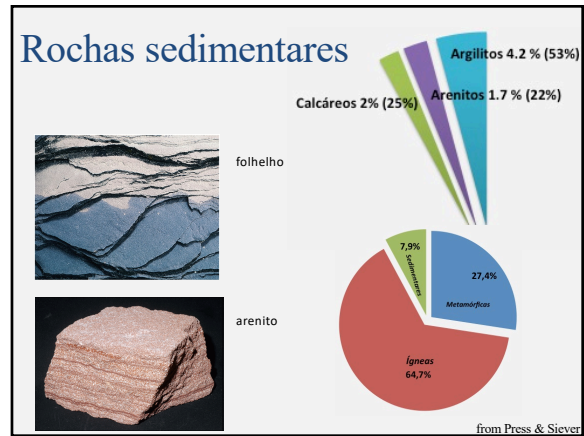
23



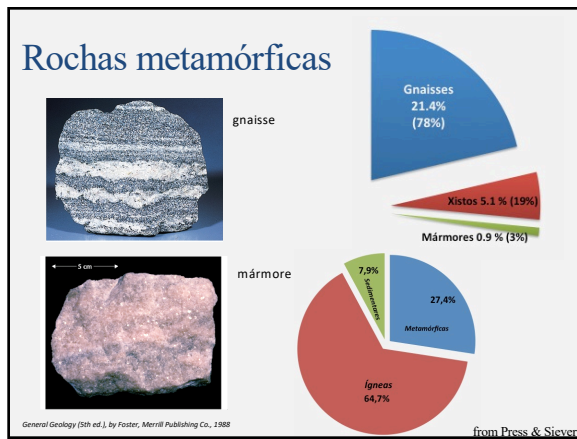
24



25



26

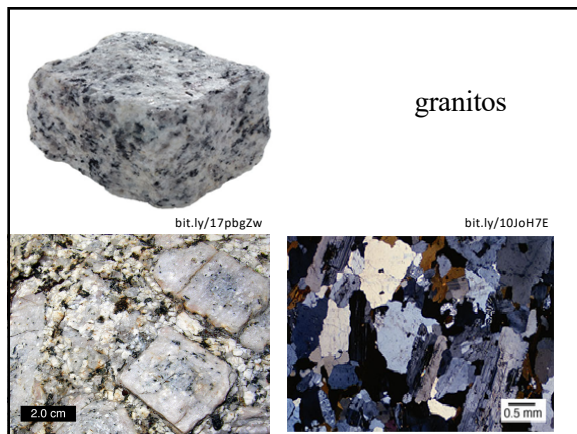


27

### Rochas Ígneas (magmáticas)

- Características Gerais:
  - Geralmente resistentes (duras)
  - Constituintes firmemente imbricados (muito coesas)
  - Cristais irregulares ou com formas geométricos
  - Estrutura geralmente maciça (pode ocorrer exceções)
  - Predomínio de minerais da Classe dos Silicatos: feldspatos, quartzo e minerais ferro-magnesianos (biotita, piroxênio, anfibólio, olivina)

28



29



30



31

### Rochas Ígneas (magnéticas)

- Terminologia:
  - intrusivas (plutônicas)
    - granito
    - sienito
    - diorito
    - gabro
  - extrusivas (vulcânicas)
    - riolito
    - fonolito
    - andesito
    - basalto

from Press & Siever

32

### Rochas Ígneas

Extrusão ígnea (lava)

As rochas ígneas extrusivas são formadas quando o magma extravasa na superfície, onde rapidamente se resfria como cinza vulcânica ou lava e forma cristais minúsculos.

A rocha resultante, como este basalto, é finamente granulada ou tem uma textura vítrea.

Intrusão ígnea

As rochas ígneas intrusivas cristalizam-se quando uma rocha fundida intrude massas de rochas não-fundidas na crosta terrestre.

Os cristais grandes crescem durante o lento processo de resfriamento, produzindo rochas de granuladas grossa como o granito, mostrado aqui como exemplo.

33

### Rochas Sedimentares

- Características Gerais
  - Geralmente pouco resistentes (“moles”) e porosas
  - Constituintes não imbricados
  - Clastos são fragmentados, arredondados ou angulosos; podem ocorrer alguns cristais
  - Comum a presença de estratificações (camadas)
  - Podem conter fósseis
  - Predomínio de quartzo, carbonatos (calcita e dolomita) e argilominerais (podem ocorrer outros minerais)

34

### Rochas Sedimentares

- Terminologia
  - Rochas sedimentares clásticas
    - arenito
    - conglomerado
    - siltito
    - argilito
    - folhelho
  - Rochas sedimentares não clásticas (ou rochas sedimentares químicas)
    - calcáreo
    - evaporito
    - fosforito
    - sílexito

from Press & Siever

35

### Arenitos ao microscópio

http://www.mindat.org/photo/1074488.html

36

### Classificação Rochas Sedimentares Clásticas

- A classificação destes sedimentos e rochas é feita apenas pelo **TAMANHO** do clasto (em mm).

Rochas Sedimentares Detriticas			
Textura (tamanho do grão)		nome do sedimento	nome da rocha
Grossa (>2 mm)		Cascalho (fragmentos arredondados)	Conglomerado
		Cascalho (fragmentos angulosos)	Brecha
Média (1/16 a 2 mm)		Areia (Se o feltapalo for abundante a rocha é chamada de arenósio)	Arenito
Fina (1/16 a 1/256 mm)		Lama	Siltito
Muito Fina (<1/256 mm)		Lama	Folhelho/Argilito

37

### Classificação Rochas Sedimentares Clásticas

38

### Classificação Rochas Sedimentares Não clásticas

- Químicas: calcários e dolomitos (constituídos por calcita e dolomita); evaporitos (halita, gipsita)
- Biogênicas: carvão, recifes (com estruturas de crescimento); coquina (fragmentos de conchas)

Rochas Sedimentares Químicas		
Composição	Textura (tamanho do grão)	nome da rocha
Calcita (CaCO <sub>3</sub> )	Cristalina Grossa e Fina	Calcário cristalino
	Conchas visíveis e fragmentos de conchas incl cimentado	Travertino
	Diversos tamanhos de conchas e fragmentos cimentados por calcite	Coquina
	Conchas microscópicas e argila	Calcário fossilífero
Quartzo (SiO <sub>2</sub> )	Cristalina muito fina	Calcário branco
Gipso CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	Cristalina fina a grossa	Siltito (chert)
Halita (NaCl)	Cristalina fina a grossa	gipsita
Fragmento de Plantas alfinizado	matéria orgânica fina	evaporito
		carvão betuminoso

39

1 As partículas de rocha são geradas pelo intemperismo....

2 ... transportadas morro abaixo pela erosão....

3 ... e depositadas como camadas de sedimento no solo ou na água....

4 ... onde elas formam camadas paralelas ou estratificação.

5 Os sedimentos soterrados litificam-se pela compactação e cimentação.

6 Os sedimentos clásticos são compostos por partículas depositadas de areia, silte e cascalho.

7 Os sedimentos químicos e bioquímicos são precipitados no mar ou compostos por recifes de corais e conchas.

8 Rocha metamórfica

Figura 4.4 O intemperismo desintegra a rocha em partículas menores, que são carregadas morro e rio abaixo pela erosão, sendo depositadas como camadas de sedimentos ao longo das margens continentais. Outro tipo de sedimento é produzido por precipitação bioquímica, como a formação dos recifes de corais. Enquanto as camadas acumulam-se e vão sendo gradualmente soterradas, elas litificam, endurecendo até virar uma rocha sedimentar. (Esquerda) Arenito laminado [Breck P. Kent]; (direita) calcário fossilífero [Peter Kresan].

40

### Fósseis

- Qualquer vestígio de vida passada preservado no registro geológico
- O registro pode ser animal ou vegetal

Press & Siever

41


### Rochas Metamórficas

- Características Gerais
  - Geralmente resistentes (duras). Algumas são pouco resistentes
  - Constituintes firmemente imbricados
  - Grãos irregulares ou geométricos
  - Distribuição heterogênea dos constituintes, promovendo bandamento e xistosidade (estruturas orientadas)
  - Mineralogia silicática predominante\*\*, sendo alguns minerais tipicamente do ambiente metamórfico (granada, estauroлита, cianita, sillimanita)
  - Comuns os tipos uniminerálicos e micáceos
  - \*\* mineralogia depende da composição do protólito – **rocha mãe**


42

## Rochas Metamórficas

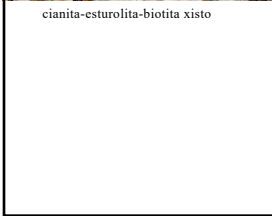
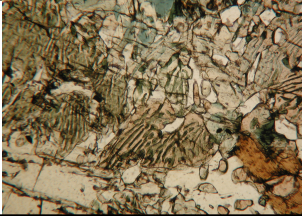
- Terminologia
  - Rochas metamórficas foliadas
    - ardósia
    - filito
    - xisto
    - gnaisse
  - Rochas metamórficas que **podem não** ser foliadas
    - mármore
    - quartzito
    - eclogito
    - anfibolito

43



simplectitos de ortopiroxênio com safirina (azul) ou espinélio (verde)

44

## Rochas Metamórficas



**Formação de Magma comorbando**



O metamorfismo de contato ocorre em áreas limitadas onde a intrusão magmática metamorfoseia a rocha vizinha pela ação do calor, formando os cornubianitos.

**Eclogito**



O metamorfismo de ultra-alta pressão ocorre na litosfera continental profunda e na crosta oceânica.

**Micaxisto**



O metamorfismo regional ocorre onde altas pressões e temperaturas estendem-se por vastas regiões.

**Xisto azul**




O metamorfismo de alta pressão e baixa temperatura ocorre onde há subducção de crosta oceânica na borda principal de uma placa continental.

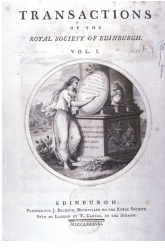
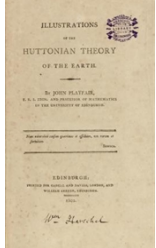
45

## JAMES HUTTON (1726-1797)

- ✓ processo de intemperismo, erosão e deposição de sedimentos;
- ✓ processos de formação de rochas ígneas e sedimentares;
- ✓ processo de soergimento das rochas;
- ✓ escala de tempo geológico




HUTTON, J. (1788): Theory of the Earth; or an investigation of the laws observable in the composition, dissolution, and restoration of land upon the Globe. Transactions of the Royal Society of Edinburgh, vol. 1, Part 2: 209-304.

46

## Siccar Point, Escócia e o tempo Geológico

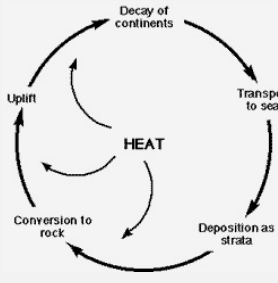
- James Hutton entendeu que as rochas precisavam de muito tempo para serem formadas, vários processos estavam envolvidos!!!

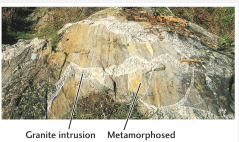
47

## HUTTON, J. (1788): Theory of the Earth

*"we find no vestige of a beginning, no prospect of an end."*



**Plutonismo**

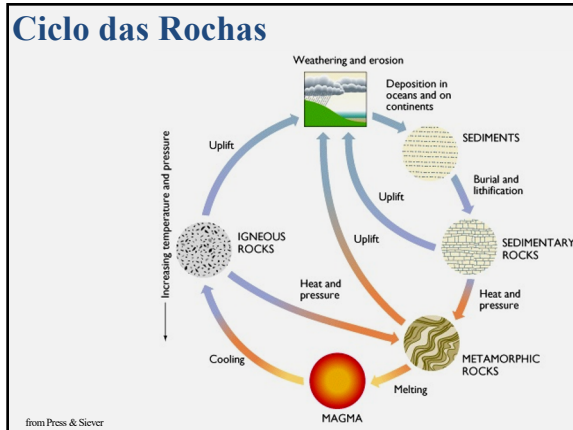


Granite intrusion  
Metamorphosed sedimentary rock

**Uniformitarismo**  
*"O presente é a chave do passado".*

48





49

### Ciclo das Rochas

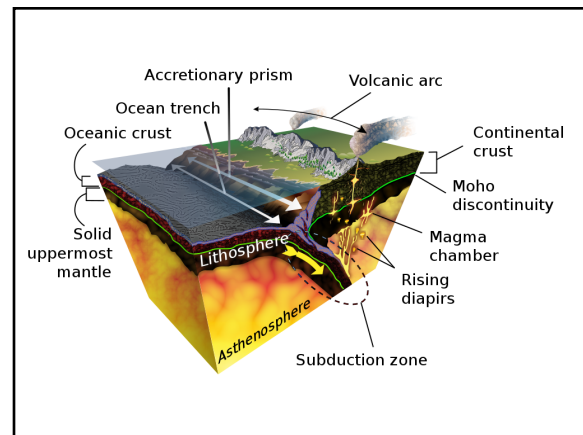
- Transformações do ciclo associadas a:
  - **Processos endógenos (interior)**
    - formação de magma (vulcanismo e plutonismo)
    - tectonismo
    - dobramentos e falhamentos
    - metamorfismo
    - terremotos
    - soerguimentos e abatimentos da crosta
  - **Processos exógenos (superfície)**
    - intemperismo das rochas
    - erosão e transporte de sedimentos
    - denudação de cadeia de montanhas

50

### Ciclo das Rochas

- Transformações são dependentes de:
  - fontes de energia térmica do interior do planeta
    - Calor do decaimento radioativo - crosta
    - Correntes de convecção - manto
  - competição entre movimentação tectônica de placas e ação intempérica

51



52

- Portrait of a Planet
- Stephen Marshack – pages 227 – 230
- O resto eu montei da minha cabeça!

53