

Aula 1: Introdução à Disciplina

Prof. Daniel Caetano

Objetivo: Apresentar a importância da geologia na engenharia.

INTRODUÇÃO

A maior parte das funções de um engenheiro envolve, de alguma maneira, o planeta em que vivemos: a Terra. Seja na atividade de construção, seja na obtenção de materiais e combustíveis, seja na organização da distribuição de produtos e insumos.

Cada uma destas atividades é afetada de maneira distinta tanto por características relativamente estáveis de nosso planeta - como sua composição e relevo - quanto por suas características dinâmicas - como abalos sísmicos, ventos etc. Assim, faz parte da formação fundamental do engenheiro conhecer o planeta que é substrato para grande parte de suas atividades, tanto em termos físicos e estáticos quanto dinâmicos.

É nesse contexto que se situa a Geologia.

1. O QUE É GEOLOGIA

Geologia é a ciência que engloba todo o estudo da terra. A origem da palavra é grega:

- *geo* significa terra
- *logos* significa estudo/conhecimento

A geologia é dividida em duas grandes áreas específicas: a Geologia Física e a Geologia Histórica.

A Geologia Física estuda a composição da Terra em termos dos materiais que a compõem, isto é, os minerais e rochas, bem como os principais processos que operam em seu interior e superfície.

A Geologia Histórica estuda a origem da Terra e a sua evolução, isto é, as mudanças que nela ocorreram ao longo do tempo, como a formação dos oceanos e continentes, atmosfera e o surgimento da vida.

A Geologia difere da Geografia no sentido que a Geografia estuda o momento presente, isto é, a Geografia representa uma **fotografia** do planeta Terra no instante atual. Geografia significa *descrição da Terra*. Assim, a Geografia está mais preocupada com os climas existentes em cada região, os tipos de vegetação, o regime de chuvas, posição e

organização dos rios e bacias hidrográficas (Geografia Física), além da divisão dos países, cidades, populações, línguas, expectativas de vida e outros fatores do tipo (Geografia Humana), além do estudo entre as interações entre o meio e os seres humanos (Geografia Ambiental).

2. GEOLOGIA E ENGENHARIA

Como apresentado anteriormente, praticamente todas as atividades de um engenheiros envolvem elementos de nosso planeta e, sendo assim, é útil conhecê-lo. Apenas como exemplos, são citados alguns usos relevantes do estudo da geologia para a engenharia:

A **escolha de materiais** mais apropriados, isto é, mais baratos, depende do conhecimento de sua disponibilidade na composição da Terra, bem como sua facilidade de extração. Em especial, a escolha de materiais com características específicas depende de sua existência na quantidade desejada e com acesso disponível.

A definição de **processos de extração de materiais**, como ferro, cobre e outros, depende do conhecimento de como esses minerais ocorrem na natureza.

O **uso de rochas como material de construção civil** depende do conhecimento de suas propriedades físicas, que dependem diretamente de seu processo de formação.

O **projeto de estrutura** de qualquer obra civil depende das características do solo e das rochas que o compõem, sendo necessário seu conhecimento para que soluções adequadas sejam adotadas para cada tipo de solo. Se a região sofre abalos sísmicos, estes precisam ser conhecidos e compreendidos para que possam ser considerados.

O **projeto e construção de túneis**, em especial, depende do conhecimento da estrutura do solo, incluindo sua composição e a existência de fraturas.

A **identificação de novos poços de petróleo** é feita, em grande parte, a partir do perfil geológico do terreno, isto é, do conjunto de rochas que compõem uma determinada região, visto que os depósitos de petróleo usualmente estão em regiões com o mesmo tipo de formação (formaram-se em épocas similares ou por processos similares).

A **definição de características externas de construções** tem o objetivo de fornecer proteções contra a ação do intemperismo e, sendo assim, estes agentes devem ser estudados.

Assim, ainda que esta lista não seja nem remotamente completa, é essencial que o engenheiro - em especial os Cívís, Ambientais e de Petróleo e Gás - o conhecimento básico de Geologia. Adicionalmente, o estudo da Geologia traz também as respostas para muitas curiosidades comuns aos engenheiros, como os mecanismos de ocorrência de vulcões, a origem dos abalos sísmicos, as técnicas usadas para o estudo das camadas mais profundas de solo, o que existe no fundo dos oceanos... e tantas outras que serão respondidas ao longo do curso.

Aula 2: Composição e Estrutura Interna da Terra

Origem do Estudo da Terra

Prof. Daniel Caetano

Objetivo: Apresentar os fundamentos do estudo da Terra, bem como sua origem.

INTRODUÇÃO

A Geologia sempre fascinou os seres humanos, o que explica o grande esforço e pesquisa para detalhamento cada vez maior dos conhecimentos já existentes. Mas como se estuda Geologia? Como é feita a Geologia?

A Geologia não é uma ciência de laboratório; ainda que algumas das teorias sejam melhor testadas e verificadas em laboratório, é no **campo** que a maior parte das observações e verificações são feitas. Seguindo o princípio de James Hutton, o pesquisador deve **buscar informações do presente que descrevam o que ocorreu no passado**.

Como não é possível observar diretamente o interior da Terra, muito do que se estuda em Geologia não foi determinado através de observação direta, mas sim inferido através de métodos indiretos. Em alguns casos, diversas teorias sobrevivem ainda hoje, com variados graus de aceitação entre os geólogos.

Nesta aula, veremos um pouco sobre a origem da Terra, bem como alguns métodos utilizados para o estudo de seu interior.

1. ORIGEM DA TERRA

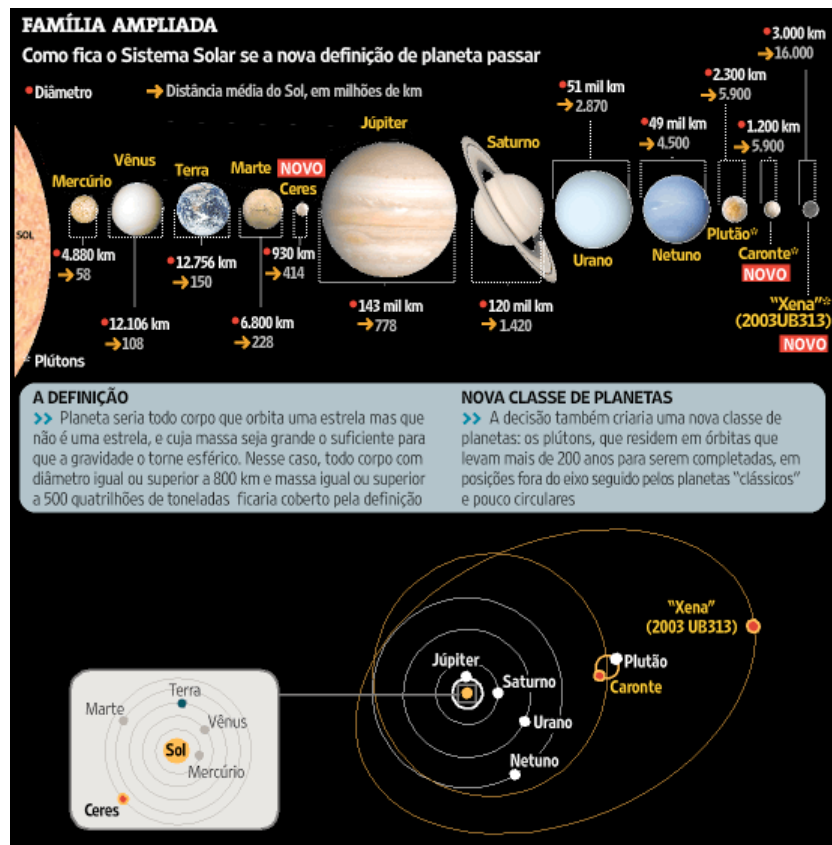
De acordo com a concepção atual, a Terra se encontra em um universo em expansão, cuja origem data de 13,7 bilhões de anos atrás. Há cerca de 4,6 bilhões de anos, ocorreu o surgimento do Sol, a estrela principal de nosso sistema solar.

Acredita-se que todos os elementos do Sistema Solar - isto é, o Sol e os planetas -, tenham surgido à mesma época e, além disso, que sejam compostos pelo mesmo tipo de matéria, o que até o momento foi comprovado pelas análises realizadas em rochas da Lua e Marte, por exemplo.

A maior parte da massa do Sistema Solar - 99,8% - está no sol; o Sistema Solar é formado por diversos planetas e planetas anões, que giram ao redor do Sol em órbitas coplanares, ou seja, os movimentos de translação do planetas ocorrem em um mesmo plano. Cada um destes planetas possui um movimento de rotação com uma ligeira inclinação com relação ao plano de translação.

Os planetas e planetas anões são, do mais próximo para o mais distante do Sol:

- Mercúrio
- Vênus
- Terra
- Marte
- Ceres (Planeta Anão)
- Júpiter
- Saturno
- Urano
- Netuno
- Plutão (Planeta Anão)
- Caronte (Planeta Anão)
- Xena (Planeta Anão)



1.1. Formação e Descrição Inicial da Terra

A Terra se formou há cerca de 4,5 bilhões de anos e sua característica mais marcante é a presença de elementos que permitem a existência de vida orgânica, isto é, baseada no elemento Carbono.

A vida se desenvolve em três "camadas" principais: crosta, hidrosfera e atmosfera.



A atmosfera é composta basicamente de Nitrogênio, Oxigênio e Argônio e foi, supostamente, enriquecida ao longo do tempo, devido a emissões gasosas do interior da Terra e, acredita-se, por meio de corpos cadentes (cometas), incluindo água e matéria orgânica.

A temperatura é na medida exata para que a água exista em seus três estados: sólido (gelo), líquido (água) e gasoso (vapor). A atmosfera, com água, forma uma estufa natural que constitui a *biosfera*. A grande quantidade de água faz com que a Terra tenha coloração azulada quando vista do espaço.

A temperatura da Terra é mantida/influenciada por uma fonte de calor externa - o Sol - e também pelo calor no interior do planeta. O Sol, em especial, tem uma grande influência no regime de ventos e chuva.

A Lua, o único satélite natural da Terra, tem cerca de 4 bilhões de anos e influencia diretamente as marés. O relevo da lua é composto por *mares* e *terras altas*. As terras altas são compostas de plagioclásios (mais comuns) e anortositos (menos comuns). Os mares são basicamente basáltico (vulcânicos, comuns).

1.2. Formação da Hidrosfera e Atmosfera

A Hidrosfera e a Atmosfera não foram sempre iguais. Inicialmente não existiam e sua composição mudou com alguns dos principais eventos da história da Terra:

- 4,5 Ga: Formação do núcleo e desgaseificação
- 4,3 Ga: Grande crescimento dos continentes (resfriamento da crosta)
- 3,9 Ga: Redução dos bombardeios meteóricos
- 3,8 Ga: Registros mais antigos de atividade biológica e primeiros sedimentos, por deposição no fundo dos oceanos.

Pelo fato de terem surgido apenas após a formação do planeta, a atmosfera e a hidrosfera são classificadas como **secundárias**. Sua origem primordial veio do

desprendimento de gases do núcleo e, além disso, uma parte de sua composição tem origem extra-terrestre.

A composição original de atmosfera era rica em gás carbônico (CO_2) e metano (CH_4), levando a temperaturas extremamente altas pelo efeito-estufa. Com o tempo esse gás carbônico foi fixado no fundo dos oceanos na forma de CaCO_3 .

2. ESTUDO DA TERRA

Nas próximas aulas serão apresentados elementos que levaram às conclusões apresentadas anteriormente. Antes de uma análise mais profunda sobre o **interior da Terra**, convém apresentar alguns dos efeitos que permitiram seu estudo e conhecimento.

A Terra pode ser estudada por **métodos diretos**, como escavações. O máximo já escavado, entretanto, foi de 12,4 km, na península de Kola, o que não é nada comparado aos 6.370km que a terra possui. Além da alta pressão, outro fator que atrapalha muito a escavação é o crescimento da temperatura, com uma elevação de 30 a 40°C para cada km de profundidade. As temperaturas no interior da Terra são tão altas que o **calor do sol que chega ao subsolo é irrelevante**.

Uma vez que os métodos diretos são de alcance limitado, usualmente a Terra é estudada através de **métodos indiretos**. Estes métodos são:

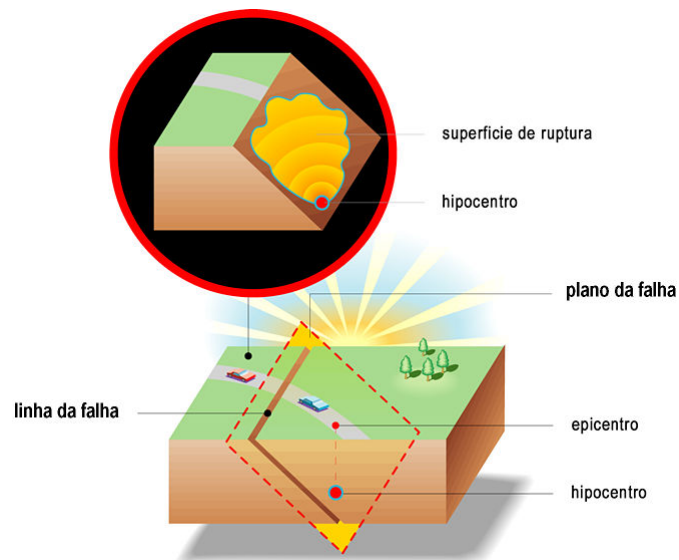
- **Sismologia**: propagação de vibrações dos terremotos
- **Gravidade**: teoria da gravitação
- **Geomagnetismo**: paleomagnetismo

2.1. Sismologia

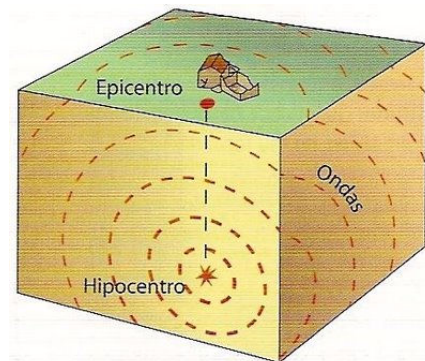
A Sismologia é o estudo das vibrações provocadas por terremotos. Mas o que é um terremoto? Um terremoto é a vibração de grande intensidade causada pela ruptura de uma camada do subsolo devido a forças de compressão ou tração, que serão estudadas posteriormente.

O ponto onde ocorre a ruptura é chamado de **hipocentro** (veja na figura a seguir). A *projeção* deste ponto na superfície é chamada de **epicentro** do terremoto. A **superfície de ruptura** determina o **plano da falha** e a intersecção do plano de fala com a superfície determina a **linha da falha**.

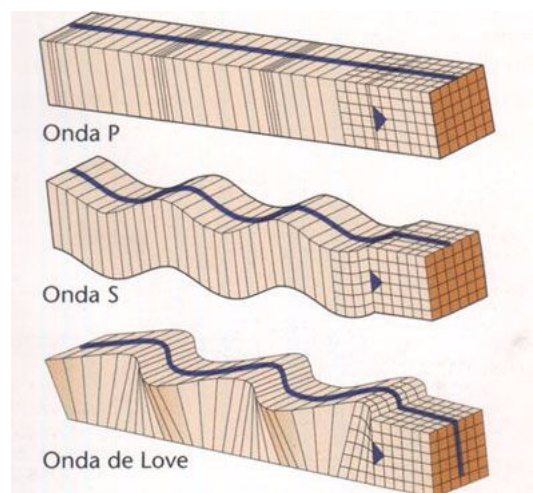
Algumas vezes, entretanto, a ruptura se dá apenas no interior do subsolo, não ficando visível a linha da falha na superfície. De uma forma ou de outra, este tipo de ruptura é brusca e provoca uma grande vibração no solo, que se propagará pela superfície terrestre.



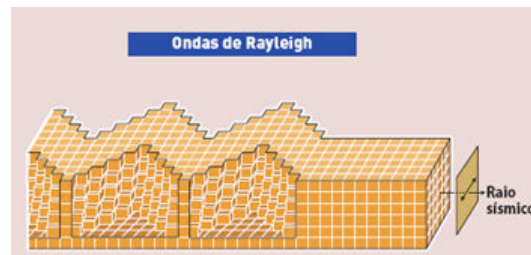
A propagação das vibrações ocorre nas três dimensões, como pode ser visto a seguir.



As ondas de propagação podem ser de três tipos: **ondas P**, que são **Paralelas** à direção de propagação da onda; **ondas S** que são **verticais** com relação à superfície e as **ondas de Love**, que são **horizontais** com relação à superfície. Observe a figura a seguir para compreender estes três movimentos.



Há ainda a onda Rayleigh, cujo movimento é um pouco mais complexo, como pode ser visto na figura a seguir. Esta onda pode ser entendida como uma combinação das ondas P e S.



As ondas são medidas normalmente nas direções Z (vertical), Norte-Sul e Leste-Oeste. Observe a figura a seguir (retirada do livro Decifrando a Terra), que mostra as vibrações nas diferentes direções medidas em valinhos, com relação a um terremoto ocorrido na Argentina.

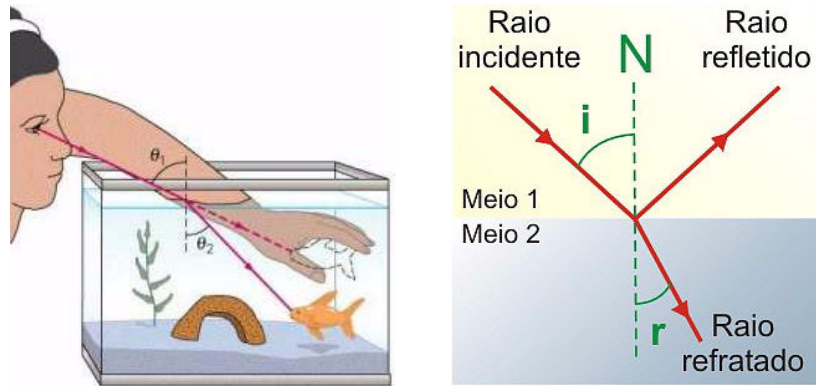


As ondas P são, em geral, mais rápidas que as ondas S; assim, o primeiro fenômeno observado são as ondas P e Love, posteriormente se observando ondas S e Rayleigh.

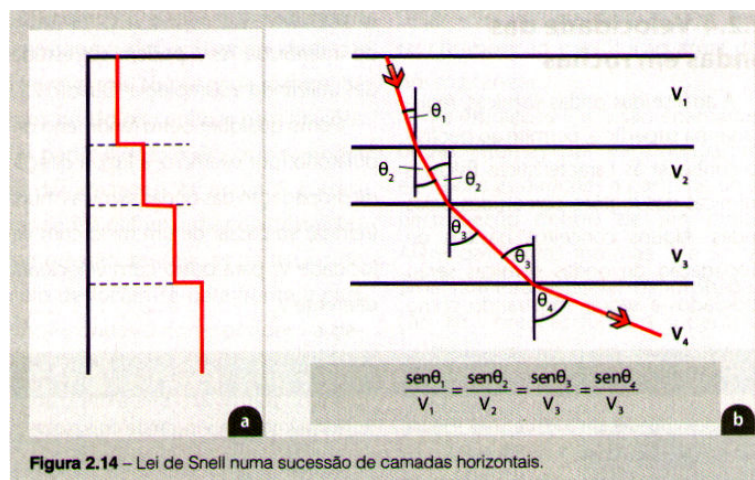
A velocidade de propagação das ondas é um importante fator para o estudo do subsolo. A tabela a seguir apresenta alguns valores de velocidade de propagação com relação ao tipo de solo.

| Material | Velocidade (m/s) |
|--------------------|------------------|
| Areia não saturada | 500 a 1.200 |
| Argila | 800 a 2.000 |
| Água | 1.500 |
| Calcário | 3.000 a 6.000 |
| Granito | 5.000 a 6.000 |
| Aço | 5.000 a 5.500 |
| Basalto | 5.500 a 6.500 |

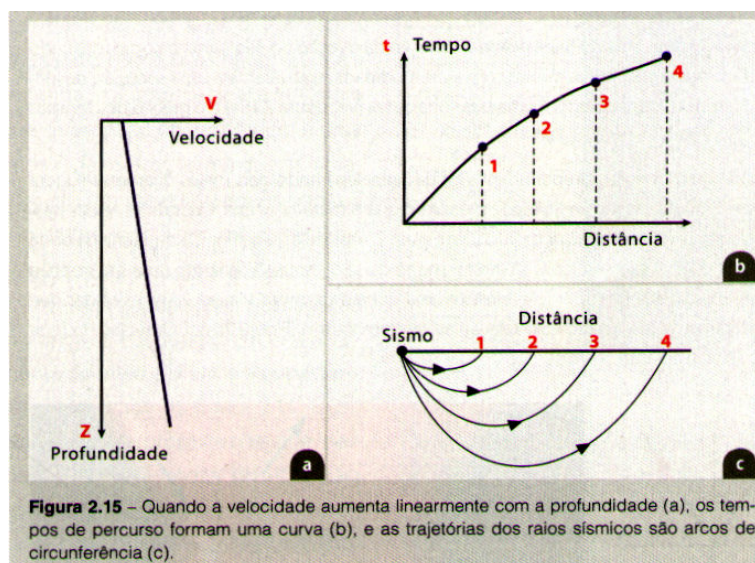
Um outro efeito importante para o estudo do subsolo é a mudança de direção de propagação das ondas quando a característica do solo muda, similar ao que ocorre com a propagação da luz ao mudar de meio com velocidades de propagação diferentes.



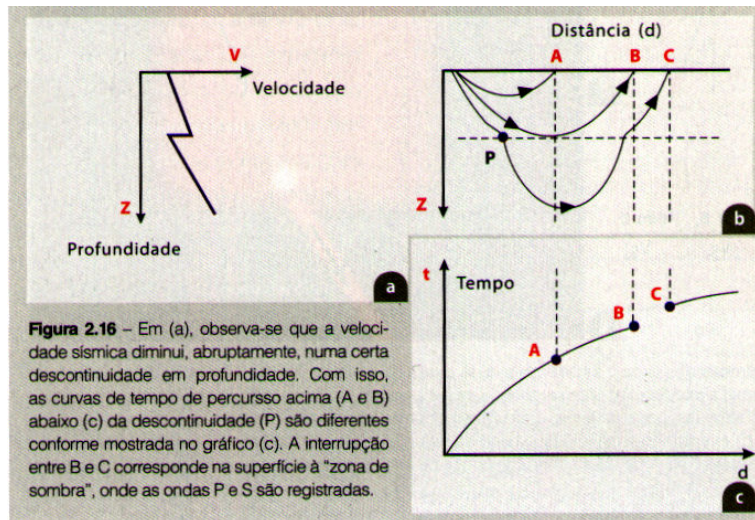
No subsolo, considerando simplificada que há diferentes camadas horizontais bem definidas de matéria (isto é, camadas constituídas de diferentes materiais), o efeito seria o observado na figura a seguir (retirada do livro Decifrando a Terra).



Considerando que, em geral, ocorre uma variação gradual da velocidade, a direção de propagação se torna uma curva, fazendo com que não haja uma relação linear entre o tempo e a distância percorrida pelas ondas (retirada do livro Decifrando a Terra).



Finalmente, quando há trechos de um tipo de material e, abruptamente, este tipo de material muda, ocorre uma grande variação na direção de propagação das ondas, como mostrado na figura a seguir (retirada do livro Decifrando a Terra).



Observe que, no gráfico (b) desta figura, a onda C saiu muito próxima à onda B, mas chegou em uma região bastante distante. Isso é consequência justamente da variação brusca do material do solo, criando uma **zona de sombra**, isto é, uma região **sem vibrações** do terremoto, entre B e C, como pode ser visto no gráfico (c).

NOTA: Convém lembrar que a mudança de direção de propagação das ondas pode transformar ondas P em ondas S!

2.2. Gravidade

A **gravimetria** (medida da gravidade) permite verificar que a gravidade na superfície Terrestre não é constante. Em uma mesma altitude, inclusive, a gravidade pode variar de um ponto para outro. Como isso é possível?

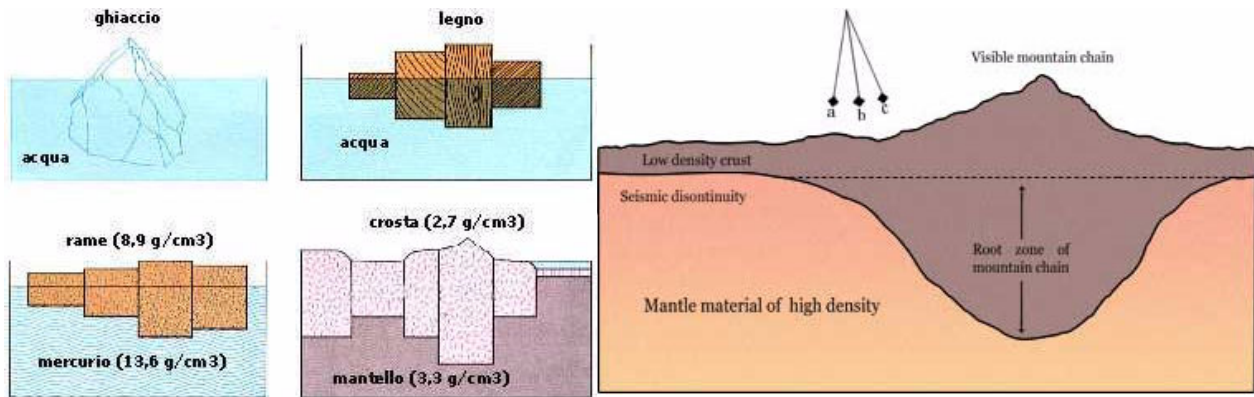
Bem, a Lei da Gravitação universal expressa que a força de atração F entre dois corpos pode ser dada pela seguinte expressão:

$$F = G \cdot (m_1 \cdot m_2) / d^2$$

Onde G é uma constante (constante da gravitação universal), m_1 é a massa do corpo 1, m_2 é a massa do corpo 2 e, finalmente, d é a distância entre ambos os corpos. Se considerarmos a Terra como um único grande corpo, não faz sentido a força gravitacional variar de um lugar para o outro... mas, se por outro lado, considerarmos que a Terra é composta por minúsculos corpos e que a força gravitacional é resultado das forças entre todos eles, a força gravitacional pode variar em um lugar ou outro, porque a **massa** de cada

elemento muda, e elementos mais próximos, ou seja, menos distantes, influenciam mais na força gravitacional de um determinado local.

Assim, se uma região da Terra for composta por material "mais leve" (isto é, menos denso) que outra região, em similar altitude e latitude, a primeira região terá uma gravidade ligeiramente inferior que a segunda. Observe as figuras a seguir.



Isso permite determinar, juntamente com outros elementos, a espessura aproximada da camada superficial, a **crosta terrestre**, em geral composta de materiais muito mais leves que o manto.

É claro que, como a Terra gira em torno de si mesma e do sol, a aceleração da gravidade varia também com a latitude (fenômeno que faz com que a Terra seja achatada nos polos); sendo assim, esses efeitos precisam ser considerados na análise.

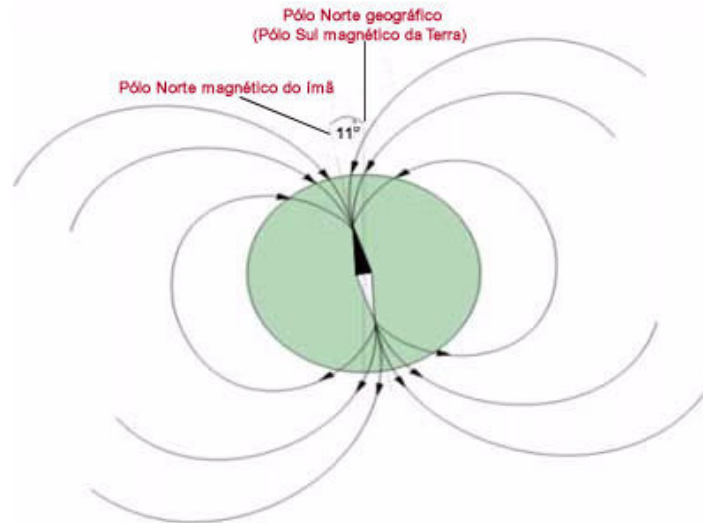
2.3. Geomagnetismo

A Terra é o único planeta analisado pelo homem que possui um campo magnético. Considera-se que este campo magnético tenha origem na estrutura interna da Terra, em que o núcleo sólido gira com um movimento diferente da crosta. Esta diferença, que não ocorre em outros planetas conhecidos, seria a responsável pela formação de um campo magnético.

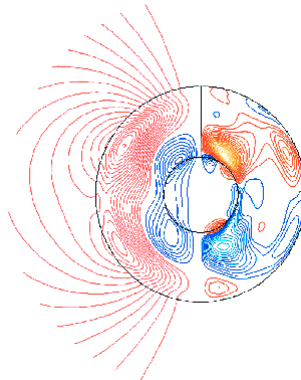


Um fato relevante, entretanto, é que **os polos magnéticos não coincidem com os polos geográficos**, e isso é de fundamental importância para os engenheiros civis, em especial aqueles que pretendem trabalhar com topografia. Existe uma inclinação de cerca de

11,5 graus do norte magnético com relação ao norte geográfico, que precisa ser levado em conta. A bússola mede o norte magnético, mas em geral é o norte geográfico que importa ao engenheiro. Em 2005, as coordenadas do Norte Magnético eram 83,2° N e 118° W e as do Sul Magnético eram 64,5° S e 137,8° E.



Adicionalmente, convém lembrar que certas regiões possuem anomalias magnéticas e, por essa razão, o campo magnético terrestre não é exatamente uniforme.



A direção do campo magnético da terra varia, o que pode ser observado por observação direta; essa direção do campo magnético é "armazenada" em rochas que se formam a partir do magma em uma determinada época. Com base nessas informações, há fortes indícios de que em determinados períodos ocorre uma completa inversão dos pólos magnéticos terrestres.

3. BIBLIOGRAFIA

TEIXEIRA, W; FAIRCHILD, T.R; TOLEDO, M.C.M; TAIOLI, F. **Decifrando a Terra**. 2a. Edição. Companhia Editora Nacional, 2009.

PRESS; SIEVER; GROTZINGER; JORDAN. **Para Entender a Terra**. 4a. Edição. Artmed Editora, 2006.

Aula 5: Minerais e Rochas

Prof. Daniel Caetano

Objetivo: Compreender o que são minerais, suas propriedades e sua identificação e classificação.

INTRODUÇÃO

- "Pedras Preciosas"
- Preciosas por quê?
 - * Propriedades específicas: cor, transparência, brilho, resistência...
- Propriedades oriundas de sua composição: mineral
- Mineral x Rocha
 - Mineral: "sólido cristalino inorgânico que ocorre na natureza e que possui composição química definida"

1. MATÉRIA SÓLIDA

- Matéria: algo que tem massa e ocupa lugar no espaço.
- Estados: sólido, líquido e gasoso - todos importantes na geologia
- Minerais são, por definição, sólidos.

1.1. Elementos e Átomos

- Elementos químicos: base de toda a matéria.
- Os átomos são elementos químicos.
- 92 naturais (e outros artificiais)

- Número Atômico: prótons (carga positiva)
 - H: 1, He: 2, Li: 3, Be: 4, B: 5, C: 6, N: 7, O: 8...
- Número de Massa: prótons + nêutrons
 - C: 6 prótons e 6, 7 ou 8 nêutrons: isótopos (C^{14} , C^{13} , C^{12})
- Número de Elétrons: igual ao de prótons (carga negativa)

- O núcleo dos átomos é bastante coeso, composto por prótons e nêutrons.
- Os elétrons se dividem em camadas
 - Elementos ficam estáveis:
 - H e He, com 2 elétrons na última camada
 - Outros ficam estáveis com 8 elétrons na última camada
- O que acontece quando os elementos não estão no estado de estabilidade?

1.2. Ligações e Compostos

- Elementos se unem para adquirir estabilidade;
- Quando elementos diferentes se unem, temos **compostos**.
- HMMMMM!?
- Exemplo: Hidrogênio se estabiliza com 2 elétrons, mas tem apenas 1.
- Solução: Dois átomos de hidrogênio se ligam, formando H_2
- Exemplo: Observe o Cloro (Cl) e o Sódio (Na):

| Elemento | Camadas de Elétrons | | |
|----------|---------------------|---|---|
| | 1 | 2 | 3 |
| Cl | 2 | 8 | 7 |
| Na | 2 | 8 | 1 |

- Se fosse possível ao sódio "dar" um elétron para o cloro, ambos ficariam com 8 elétrons na última camada... bem, isso é possível!
- Entretanto, isso muda a carga dos elementos:

| | |
|-----------------|-------------------------------|
| Cl: 17 elétrons | Na: 11 elétrons |
| Cl: 18 elétrons | Na ⁺ : 10 elétrons |

Como o cloro, ao receber o elétron, ficou negativo, representado por Cl^- , e o sódio, ao perder o elétron, ficou positivo, representado por Na^+ , ele se atrai eletricamente (positivo atrai negativo), formando uma ligação chamada **ligação iônica**.

Este tipo de ligação ocorre entre elementos que possuem 1, 2 e 3 elétrons na última camada com elementos que possuem, respectivamente, 7, 6 e 5 elétrons na última camada... situação na qual claramente temos um elemento que **cede** elétrons e outro que **recebe**. Mas o que ocorre com elementos que possuem 4 elétrons na última camada?

Como não há um doador e um receptor claros, eles **compartilham** esses elétrons, em uma ligação chamada **ligação covalente**.

Este tipo de ligação ocorre também quando há uma ligação entre elementos que possuem um grande número de elétrons na última camada, como o Oxigênio (6 elétrons na última camada). No caso do Oxigênio, para formar o O_2 , eles compartilham 2 elétrons, e, unidos, passam a agir como se fossem dois átomos com 8 elétrons na última camada.

Há ainda as **ligações metálicas**, nas quais os elétrons são livremente compartilhados por todos os átomos, dando boa condutividade elétrica, brilho metálico e outras características específicas dos metais. Há ainda as **ligações de van der Waals**, que são ocasionadas pela

proximidade, em alguns tipos de cristais, ainda que não exista nenhum compartilhamento de elétrons.

Toda substância química ou composto químico pode ser definido por uma "fórmula química", que representa as proporções de átomos na composição daquela substância.

O_2 = 2 átomos de oxigênio

H_2SO_4 = 2 átomos de hidrogênio para 1 de Enxofre para 4 de oxigênio

- Por que isso é importante?
- Ligações entre átomos: estrutura espacial!
- **Exemplo:** diamante x grafite

2. MINERAIS

- Formados por átomos: compostos x elementos nativos.
- sólido cristalino inorgânico que ocorre na natureza e tem composição bem definida
- sólido cristalino: forma espacial definida pela ligação dos elementos envolvidos
 - se não tem estrutura cristalina (ex.: vidro = amorfo) não é mineral
 - Nicholas Steno: minúsculos cristais (exemplo: quartzo)
 - *clivagem*: superfícies de resistência mais fraca
- inorgânico: não pode ser gerado por um ser vivo (osso, concha, coral etc.)
- ocorre na natureza: não pode ser sintético (zircônia, rubi)
- composição bem definida: sua composição não pode variar

3. MULTIPLICIDADE E GRUPOS

- Mais de 3.500 minerais já identificados
- Nem todas as combinações dos 92 elementos são possíveis
- Maior parte da crosta composta por 8 elementos
- 74% (em peso) e 84% dos átomos na Terra são oxigênio e silício
 - Maior parte dos cristais envolvem O e Si (silicatos)
- Radicais x outros elementos
- Grupos mais importantes:

| Grupo | Radical | Exemplo |
|-----------------|----------------------|---|
| Carbonato | $(CO_3)^{-2}$ | Calcita ($CaCO_3$) |
| Halogeneto | Cl^{-1} , F^{-1} | Halita ($NaCl$) |
| Elemento Nativo | - | Ouro (Au), Prata (Ag) |
| Óxido | O^{-2} | Hematita (Fe_2O_3) |
| Silicato | $(SiO_4)^{-4}$ | Quartzo (SiO_2), Feldspato ($KAlSi_3O_8$) |
| Sulfato | $(SO_4)^{-2}$ | Gipsita ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) |
| Sulfeto | S^{-2} | Galena (PbS), Pirita (FeS_2) |

- Importantes são os silicados e alguns carbonatos: calcita e dolomita - $CaMg(CO_3)_2$

3.1. Silicatos

Como elementos mais abundantes, a maioria dos minerais na Terra são silicatos (cerca de 95% deles) .

Quartzo: SiO_2
Feldspato: KAlSi_3O_8
Olivina: $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$

- Tetraedro da Sílica: 4 O com 1 Si no centro
- Estruturas:
 - Isolados
 - Contínua linear (simples e dupla)
 - Contínua planar
 - Espacial
- Silicatos ferromagnesianos
 - Mg, Fe
 - Escuros, mais densos
 - Exemplos: olivina (incluída no basalto)
- Silicatos não-ferromagnesianos
 - Mais claros, menos densos
 - Exemplos: feldspato, quartzo, muscovita (tipo de mica - estrutura planar)

4. IDENTIFICAÇÃO DOS MINERAIS

- **Cor e brilho:** cor do traço / brilho metálico, vítreo, oleoso, ceroso, fosco...
- **Forma:** fratura e planos de clivagem
 - uma direção / planar (micas)
 - duas direções, ângulos retos (feldspato potássico)
 - três direções, ângulos retos (halita, galena)
 - três direções, ângulos não-retos (calcita, dolomita)
 - quatro direções: fluorita e diamante
 - seis direções: esfalerita
- **Dureza:** resistência ao risco
 - 1: talco
 - 2: gipsita
 - 3: calcita
 - 4: fluorita
 - 5: apatita
 - 6: ortoclásio
 - 7: quartzo
 - 8: topázio
 - 9: coríndon
 - 10: diamante

- Durezas do dia a dia:
 - 2,5: unha
 - 3: moeda de cobre
 - 5,5: lâmina de canivete
 - 5,5 a 6,0: vidro
 - 6,5: palha de aço
 - 7: porcelana
- **Peso Específico:**
 - relativo (com relação à água)
 - ferromagnesianos: de 2,7 a 4,3
 - não-ferromagnesianos: de 2,6 a 2,9
 - hematita: 5,26
 - ouro: 19,3
 - grafita: 2,09 a 2,33 x diamante: 3,5
 - absoluto:
 - silicatos: 2 a 4 g/cm³
 - metais nativos: acima de 20 g/cm³
- Outros: tato, sabor, magnetismo...

5. ORIGENS DOS MINEIRAIS E ROCHAS

- Material fundido no interior da Terra: magma
- Expelido na forma de lava
- Resfriamento: formação de cristais de diversos minerais
- Formação por cristalização em água quente
 - quartzos (em rachaduras e fendas)
- Devido à evaporação da água (mar e, eventualmente, lagos)
 - halita, gipsita
- Alteração química por intemperismo de outros elementos
 - ex: feldspatos são modificados
- Metamorfismo

5.1. O que é rocha?

Para os geólogos, rocha é um aglomerado sólido de um ou mais minerais.

- Areia não é rocha
- Lava não é rocha
- Minerais formadores de rochas são poucos!
 - Minerais acessórios
- Basalto: rocha ígnea composta basicamente de silicatos ferromagnesianos.

- Granito: rocha ígnea composta por silicatos não-ferromagnesianos de potássio, cálcio, sódio e quartzo.

6. EXERCÍCIO

Se você encontrasse um anel perdido com uma enorme pedra de diamante, você teria como identificá-la, supondo que você tenha acesso a um laboratório onde existam amostras de topázio e coríndon, com as informações desta aula? Como você faria?

Aula 6: Minerais e Rochas

Rochas Ígneas e Sedimentares

Prof. Daniel Caetano

Objetivo: Conhecer os tipos de rocha e detalhar as características das rochas ígneas e sedimentares.

INTRODUÇÃO

- Claramente: diferentes tipos de rochas
 - * Propriedades e aparência diferenciadas
- Diferentes composições apenas?
 - * Diferentes formações também!

1. CLASSIFICAÇÃO DAS ROCHAS QUANTO À FORMAÇÃO

- As rochas podem ser classificadas em:
 - * Ígneas ou Magmáticas
 - * Metamórficas
 - * Sedimentares

| | Crosta | Superfície |
|------------------------------|--------|------------|
| Rochas Ígneas + Metamórficas | 95% | 25% |
| Sedimentares | 5% | 75% |

Rochas Ígneas

- Cristalização de magma (normalmente silicáticas)
- Jazidas de ouro, platina, cobre, estanho...
- Trazem informações sobre as profundezas

Rochas Metamórficas

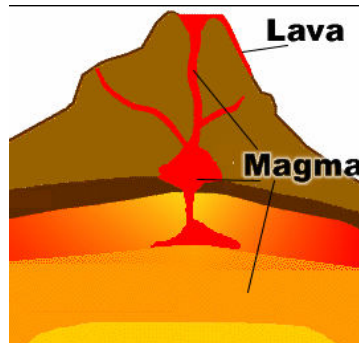
- Rochas pré-existentis sujeitas à grandes mudança de ambiente
 - * Mudança de condições físico-químicas
- Trazem informações sobre os grandes eventos geo-tectônicos

Rochas Sedimentares

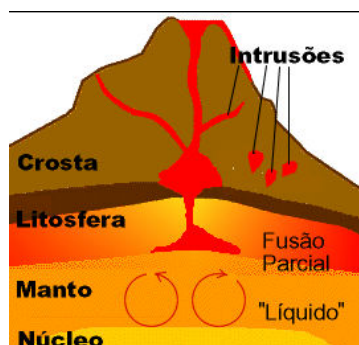
- Consolidação de sedimentos
- Trazem informações sobre variações no ambiente ao longo do tempo
 - * Fósseis
 - * Petróleo
 - * Carvão Mineral

2. ROCHAS ÍGNEAS

- Ígnis: fogo
- Cristalização de *magma*: rocha derretida
 - * Ao sair do subsolo, passa a se chamar *lava*



- Rochas ígneas: resfriamento magma / lava
- Tipos de Rochas Ígneas:
 - * Vulcânica: resfriamento da lava (superfície)
 - Resfriamento rápido
 - Rochas afaníticas (cristais muito pequenos indistintos ou sem cristais)
 - Exemplos: basalto, vidro vulcânico
 - * Plutônica (ou Abissais): resfriamento a grande profundidade
 - Resfriamento lento
 - Rochas faneríticas (cristais grandes, de diversas dimensões)
 - Ordem de cristalização depende da composição
 - Exemplos: diversos tipos de granito
 - * Subvulcânica: resfriamento a pequena profundidade
 - Características intermediárias
- Diferenças no magma e na profundidade de formação: mudam composição
 - * Magmas ferro-magnesianos: basálticas
 - * Silicáticos: graníticas
 - * Magma ganha silicatos à medida em que sobe



3. ROCHAS SEDIMENTARES

- Rochas: sofrem decomposição física e química
 - Desagregação pelo intemperismo
 - Solo / Saprolito (pedra podre)

- Erosão => Transporte => Sedimentação
- Sedimentação de grãos gerados pelo intemperismo
- Sedimentação por transporte químico (evaporitos)

- Tipos:
 - Clásticas: formadas pela agregação de sedimentos gerados pelo intemperismo
 - Orgânicas: formadas pela consolidação de restos oriundos de seres vivos
 - Químicas: formadas pelo transporte químico de substâncias

4. BIBLIOGRAFIA

TEIXEIRA, W; FAIRCHILD, T.R; TOLEDO, M.C.M; TAIOLI, F. **Decifrando a Terra**. 2.ed. Companhia Editora Nacional, 2009.

INSTITUTO de Geologia: Notas de Aula de Elementos de Mineralogia e Geologia. Instituto de Geociências da USP, 1997.

Aula 7: Minerais e Rochas

Rochas Metamórficas e o Ciclo das Rochas

Prof. Daniel Caetano

Objetivo: Apresentar as rochas metamórficas, seus processos de formação e o ciclo das rochas.

INTRODUÇÃO

- Na aula anterior: Ígneas e Sedimentares
 - * Metamórficas?

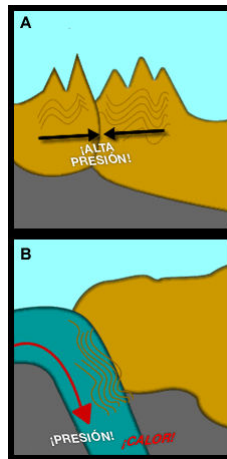
Rochas Metamórficas

- Rochas pré-existentes sujeitas à grandes mudança de ambiente
 - * Mudança de condições físico-químicas
- Trazem informações sobre os grandes eventos geo-tectônicos

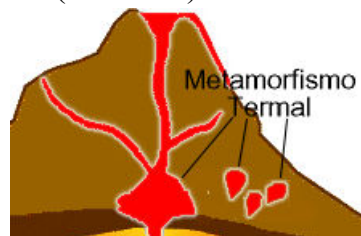
1. ROCHAS METAMÓRFICAS

- Mudanças de Rochas Existentes por variações no ambiente
 - * Variações químicas
 - * Variações físicas (principalmente): temperatura e pressão
- Não é possível ver formação diretamente
- Primeira observação sobre estas rochas: 1779
 - * Calcário => Mármore
- Século seguinte: criação do termo "metamorfismo"
 - * Conjunto de transformações de uma rocha pré-existente (protolito)
 - * Reações no estado sólido
- Tipos
 - * Foliadas: ardósia, gnaiss, xistos...
 - * Não-foliadas: mármore, quartzito...
- Temperatura: provoca recristalização (900 a 1000°C)
- Pressão: modifica forma dos cristais na recristalização
- Processos metamórficos: bordas das placas tectônicas
 - * Andes, Alpes, Rochosas: Predominantemente Metamórficas

* Metamorfismo Regional (ou dínamotermal) - Zonas de Subducção / Colisão



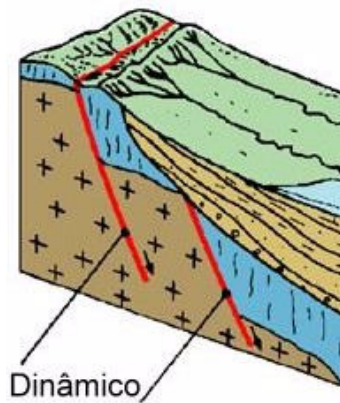
* Metamorfismo de Contato (ou termal) - Interior das Placas



* Metamorfismo hidro-termal (dorsais meso-oceânicas)

- Fundo oceânico próximo à bordas: fino, com fissuras...

* Metamorfismo Dinâmico ou Cataclástico



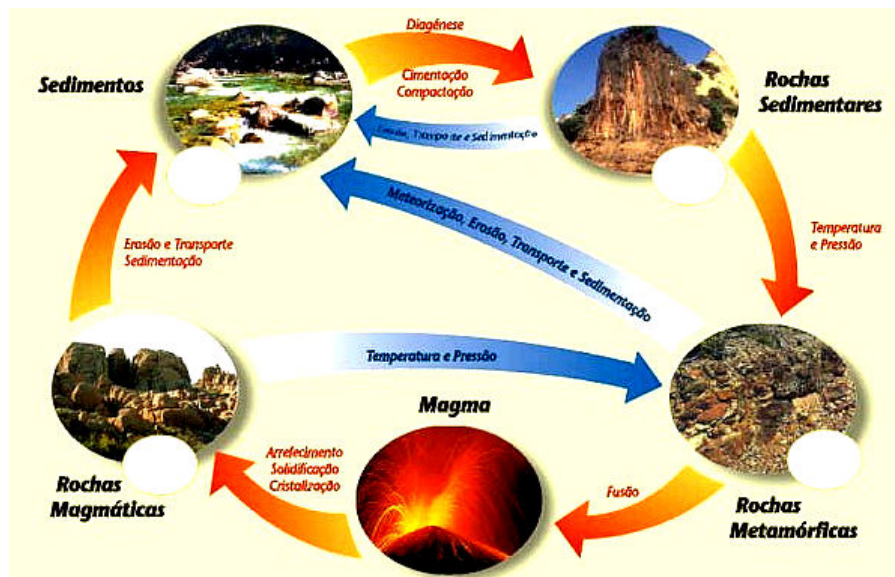
* Metamorfismo por Soterramento

- Pressão de camadas sedimentares

* Metamorfismo de Impacto

- Queda de corpos celestes em um planeta

2. CICLO DAS ROCHAS



O ciclo principal é o indicado em vermelho, iniciando-se com o magma, líquido. As transformações em azul também ocorrem, entretanto.

3. USO DE ROCHAS NA ENGENHARIA

Historicamente, rochas ígneas e metamórficas já foram usadas como material estrutural. Entretanto, por sua baixa resistência à tração, as estruturas eram limitadas a estruturas de compressão simples (arcos, por exemplo), com pequenos vãos livres.

Hoje o maior uso de rochas ígneas e metamórficas são nos revestimentos (em especial nos pisos) e na forma de agregado de concreto, isto é, o arcabouço da rocha artificial concreto (cuja resistência à tração é dada pelo aço).

As rochas sedimentares também estão presentes historicamente na vida humana. Desde o giz, representando um uso das rochas calcárias finas e pulverulentas (as antigas lousas eram de rocha metamórfica, em geral ardósia). Hoje o giz é artificial e a lousa é apenas concreto pintado ou outro material sintético. Também no clareamento do papel se faz uso da caolinita, que se forma em depósitos de argila esbranquiçada).

Temos revestimentos areníticos e calcários em suas variações róseas e amareladas. As rochas areníticas silicificadas são mais resistentes, possuindo uma aparência mais lisa que as outras. O Calcário, por sua vez, se faz presente na vida humana em construções muito antigas, inclusive, como as pirâmides, esfinge etc. O desgaste físico-químico provocado pelo tempo fica evidente nestas construções.

4. BIBLIOGRAFIA

TEIXEIRA, W; FAIRCHILD, T.R; TOLEDO, M.C.M; TAIOLI, F. **Decifrando a Terra**. 2.ed. Companhia Editora Nacional, 2009.

INSTITUTO de Geologia: Notas de Aula de Elementos de Mineralogia e Geologia. Instituto de Geociências da USP, 1997.

Aula 11: Sedimentos e Processos Sedimentares

Do Grão à Rocha Sedimentar

Prof. Daniel Caetano

Objetivo: Detalhar como os grãos de uma rocha decomposta se tornam uma rocha sedimentar.

INTRODUÇÃO

- Rochas se decompõem - Intemperismo
 - * Processos Mecânicos
 - * Processos Químicos
- Os grãos se agregam - Rochas Sedimentares
 - * Processos Mecânicos (compactação)
 - * Processos Químicos (cimentação)
- Tudo isso ocorre em um único lugar?
 - * Não!
 - a) Formação de Grãos
 - b) Transporte de Grãos
 - c) Sedimento

1. FORMAÇÃO DOS GRÃOS

- Usualmente começa em uma região alta
 - * Ex. Serra do Mar
- "Fase pré-grão" - pode durar milhões de anos
 - * Cristal/Rocha Mãe (ou Rocha Matriz)
 - * Sofre intemperismo
 - Desintegração física
 - Decomposição química
- Nesta fase não há transporte significativo de grãos!
 - * Intemperismo => degradação da rocha
- Partícula se solta => transporte mecânico
 - * Partícula Sedimentar = grão => transporte mecânico
- Tipos de Grãos
 - * Epiclastos => Desgaste na superfície
 - Extraclastos => transportado de fora para dentro da bacia
 - Intraclastos => transporte apenas dentro da bacia
 - * Vulcanoclastos => Vêm de Explosões Vulcânicas
 - Piroclastos => Vêm da lava incandescente
 - Autoclastos => Vêm do edifício vulcânico

2. TRANSPORTE SEDIMENTAR (MECÂNICO)

- "Maturação" do grão
- Primeira fase do transporte:
 - * por chuva (correntes pluviais)
 - * queda
 - * vento?
- Segunda fase do transporte:
 - * Rios e Corredeiras de Escarpa
- Terceira fase do transporte:
 - * Rios meandantes de baixo gradiente
- Grão pode sofrer:
 - * Alterações físicas (texturais)
 - * Alterações Químicas (mineralógicas)
- Por quê?
 - * Agentes do intemperismo e transporte
 - * Depende da sensibilidade do mineral
 - + Ex.: Quartzos x Feldspato
- Mudanças Físicas (atrito e quebra):
 - * Mudança do Tamanho
 - * Arredondamento
 - * Sinônimos de grãos: detritos e clastos
- Mudanças Químicas
 - * Leves mudanças na superfície de fratura / clivagem
 - * Completa transformação
 - * Dissolução

3. TRANSPORTE QUÍMICO

- Sedimentos que não são grãos
 - * Material que dissolve: solvente
 - * Material dissolvido: soluto
- Não há carregamento de material sólido
 - a) Água dissolve soluto (íons)
 - b) Água se desloca
 - c) Na bacia sedimentar, os íons podem se combinar
 - + Formando materiais sólidos que se depositam: "precipitação"
- Transformação do Sólido em Sedimento
 - * Precipitação Química (ex.: evaporito)
 - * Ação de Organismos Vivos (ex.: carapaça de molusco)
 - * Precipitação induzida por seres vivos (ex: mudança na concentração de CO₂)

- Colóides: estado intermediário entre íons dissolvidos e o estado sólido

4. DO SEDIMENTO À ROCHA SEDIMENTAR

- Transformação do Grão em Rocha: Diagênese
- Processos Diagenéticos (de Agregação Sedimentar):
 - * Compactação Mecânica: Empacotamento ou Quebra
 - * Dissolução ou Compactação Química: Reação Química
 - Água intersticial (alcalina/ácida)
 - * Cimentação: Precipitação Cimentante
 - Precipitação de íons em solução nos interstícios
 - * Recristalização (leve)
 - Reorganização cristalina superficial
 - Ocorre em situação de soterramento
- Componentes Depositionais:
 - * Arcabouço: fração principal que dá nome à rocha (Arenito / Areia)
 - * Matriz: Material mais fino que preenche espaços (Areia / Silte e Argila)
 - * Poros Originais: vazios (efêmero: momento da deposição)
- Componentes Diagenéticos
 - * Cimento
 - * Porosidade Secundária

5. PARA PENSAR

1. O que diferencia o transporte mecânico do transporte químico?
2. É possível chamar de sedimento um elemento que não foi transportado?
3. Por que os grãos que se sedimentam se tornam "unidos" em uma rocha sedimentar?
4. Qual a diferença entre epiclastos e vulcanoclastos?
5. O que faz um grão se tornar mais arredondado durante o transporte?

6. BIBLIOGRAFIA

TEIXEIRA, W; FAIRCHILD, T.R; TOLEDO, M.C.M; TAIOLI, F. **Decifrando a Terra**. 2.ed. Companhia Editora Nacional, 2009.

INSTITUTO de Geologia: Notas de Aula de Elementos de Mineralogia e Geologia. Instituto de Geociências da USP, 1997.