

PRINCÍPIOS DA ESTRATIGRAFIA E HISTÓRIA DO CONHECIMENTOS GEOLÓGICO

0440100 - GEOLOGIA GERAL – SISTEMA TERRA

AULA 13 – PARTE I



CONCEITO

- Estratigrafia: etimologia da palavra

{ Stratum: Latim
Graphia: Grego



Estudo das rochas estratificadas

- Estudo das sucessões (de camadas) de rochas e das correlação de eventos e processos geológicos no tempo e no espaço.
- Estudo das camadas de rochas e suas implicações cronológicas.

CONCEITO

Sucessões e relações cronológicas entre os estratos



Forma
Composição litológica
Propriedades geoquímicas e geofísicas
Distribuição e conteúdo fóssil



Características
Propriedades das rochas
Interpretação do ambiente de formação (modo de origem)
História geológica



Badlands National Park
Dakota do Sul - EUA



- Badlands National Park
Dakota do Sul - EUA



Preria River Canyon – Utah
Arenitos com coloração
variada, devido à presença
de Fe



Parque do Varvito – Itu (SP)





Estratos de rocha sedimentar.

Estratos do Jurássico Médio exibindo uma inclinação muito pronunciada, diferente resistência e espessura. Erosão diferencial em várias camadas carbonáticas. Foto: Francisco Félix.



CONCEITO

- A estratigrafia é o ramo da geologia que se preocupa com a distribuição, origem, propriedades, conteúdo, posição estratigráfica e correlação entre unidades estratigráficas com a finalidade de ordená-las no tempo e no espaço e entender a evolução histórica da Terra.
- O termo **estratigrafia** foi cunhado por d'**Orbigny** em 1852.



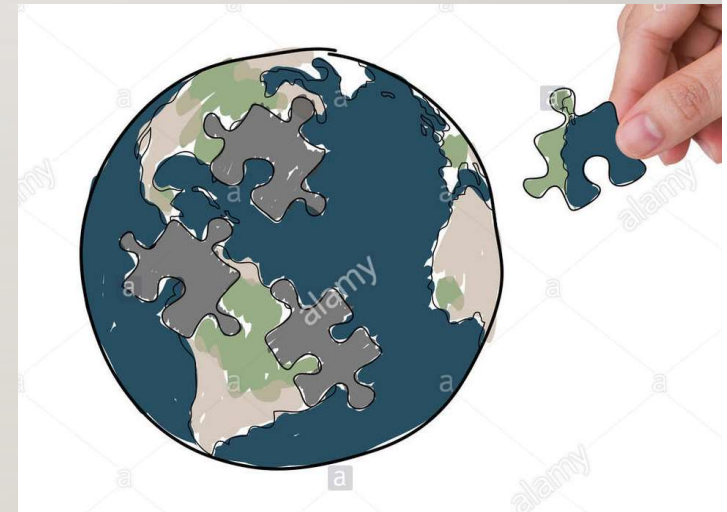
PAUSA PARA A HISTÓRIA DOS CONHECIMENTOS GEOLÓGICOS

- Para entender as questões temporais e a interpretação da história geológica da Terra precisamos voltar um pouquinho na história do conhecimento geológico.
- Então, vamos entender a evolução do pensamento geológico



Quais meios temos para reconstruir a história geológica da Terra?

- O que é a história geológica?
 - sequência de eventos físicos e biológicos ordenados cronologicamente, a partir do mais antigo
- Tempo geológico:
 - origem da Terra (4.560 Ma) - hoje



HISTÓRIA E EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO GEOLÓGICO



“Assim funciona a Ciência. Ela não tem todas as respostas, nem se propõe a tê-las. Para explicarmos alguma coisa, temos sempre de supor outras. Portanto, não existe uma explicação final sobre tudo, apenas explicações que se tornam cada vez mais completas, que estão cada vez mais de acordo com o que podemos observar e medir. É por isso que dizemos que a Ciência está sempre avançando, que nossas explicações dos fenômenos naturais são cada vez melhores, mas nunca perfeitas.”

(O livro do cientista, Marcelo Gleiser, 2003)



O entendimento do funcionamento do Planeta Terra sempre foi o mesmo?
Como ocorreu a compreensão dos processos geológicos ao longo do tempo?



GEOLOGIA

- Como é feita essa ciência?
- Como foi sua evolução ao longo dos séculos?
- Com base no que as primeiras ideias sobre a origem do planeta foram formuladas?
- No que se diferencia de outras Ciências (Física, Química, Biologia)



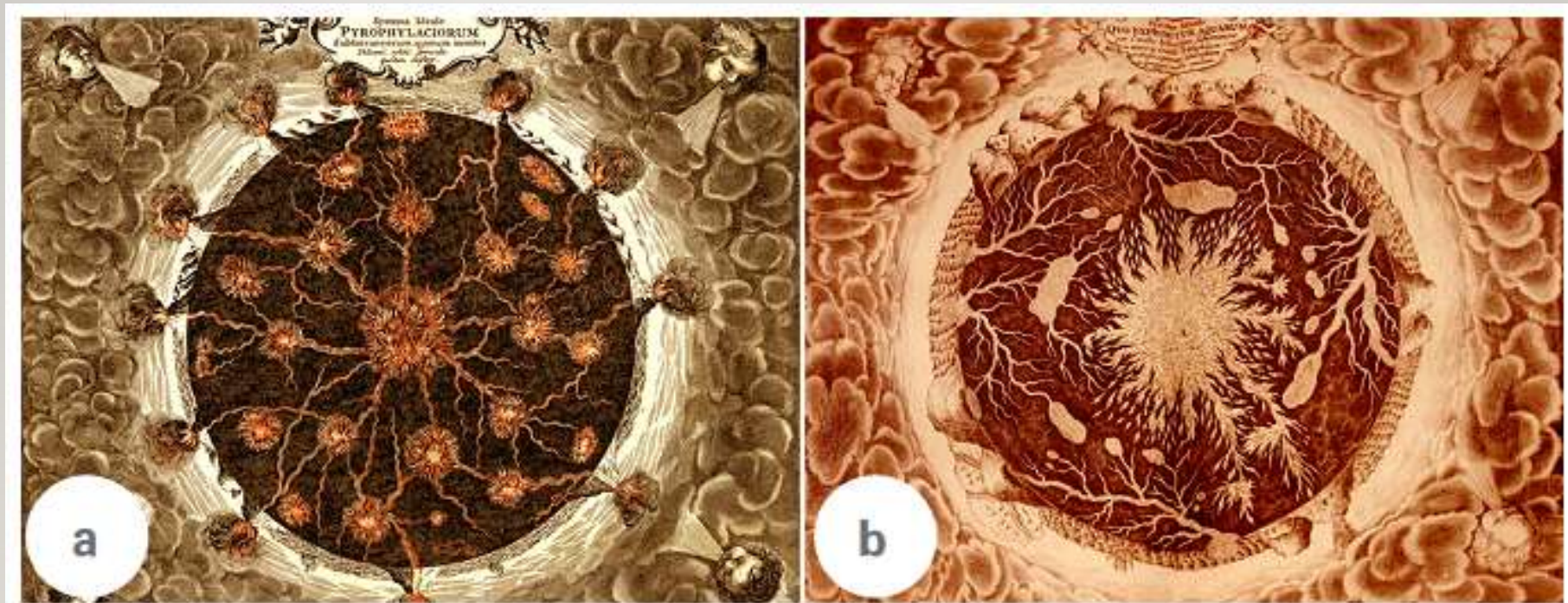
GEOLOGIA

- Ulisse Aldrovani (1522-1605)
- Fundou a cátedra de Filosofia Natural de fósseis, plantas e animais, na Universidade de Bolonha - Itália
- Separou as ciências da natureza em 3 áreas:
- Botânica
- Zoologia
- Geologia (termo cunhado em 1604) para definir a ciência que trata dos minerais e fósseis.



CONCEPÇÃO SOBRE O INTERIOR DO PLANETA TERRA

(século XVII – por Athanasius Kircher 1601 - 1680)



A Terra era vista como um corpo com seu interior parcialmente fundido, com canais alimentadores dos vulcões.

- Arcebispo Ussher (1581 - 1656)
 - Idade da Terra: 23 Out, ano 4004 antes de Cristo



Arcebispo Ussher

publicou volumoso tratado sobre a cronologia bíblica e, com isto, incutiu que a Terra teria cerca de 6000 anos; Aceitação literal dos escritos hebraicos.



NIELS STENSON (OU NICOLAU STENO) (1638-1686)

- Médico dinamarquês
- Um dos primeiros a se opor à Igreja (apesar de se converter de Protestante para Católico)
- *glossopterae* (tonguestones) – dentes fósseis de tubarão e *cerauniae* fóssil de belemnites e pontas de flechas arqueológicas – origem celeste.



Nils Stensen
Nicolau Steno, 1669

**o primeiro a enunciar os
princípios da História Natural
(Geologia)**

NICOLAU STENO (1638-1686)

- Steno entendeu a origem dos *glossopterae* (*língua petrificada*) ao dissecar a cabeça de um tubarão
 - **Três Princípios Básicos da Estratigrafia**
 - **Superposição das Camadas**
 - **Horizontalidade original**
 - **Continuidade Lateral**
 - **Crucial para a correta visão geológica do Mundo**

As ideias (Leis) de Steno são importante marco na História da Evolução Pensamento Geológico



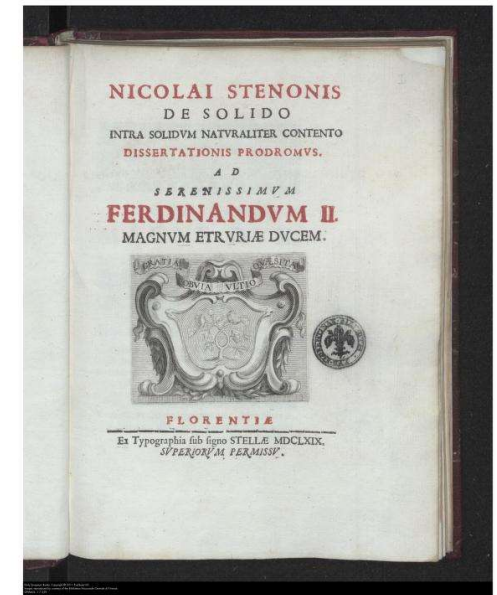


Steno, recém-chegado em Florença, dissecou uma cabeça de tubarão e ao observar seus dentes concluiu que os *glossopterae* eram, na verdade, dentes fósseis de tubarão.

■ Seu livro: De solido intra solidum naturaliter contento dissertationis prodromus

“Pródromo de um sólido contido naturalmente dentro de outro sólido”
(publicado em Florença em 1669)

Explica como um sólido (um dente de tubarão ou o fóssil de uma concha) pode estar contido em outro sólido, por meio do soterramento de organismos em sedimentos, que se tornaram rochas



PRINCÍPIOS DA ESTRATIGRAFIA

Reconheceu uma sequência de eventos históricos na ilha de Malta, em afloramento de rochas sedimentares

Princípio da Superposição das camadas

Em uma sequência não-deformada de rochas sedimentares, cada camada é mais antiga que a sobrejacente e mais jovem que a subjacente

Permite identificar a ordem de formação dos estratos, fundamental para a reconstrução histórica das rochas estratificadas

Princípio da horizontalidade original

Os sedimentos são depositados em camadas sucessivas horizontais e/ou sub-horizontais

Permite identificar eventos deformacionais posteriores à disposição sedimentar
Quando uma falha geológica corta uma camada, ou um dique intrude na mesma, falha e dique são mais jovens

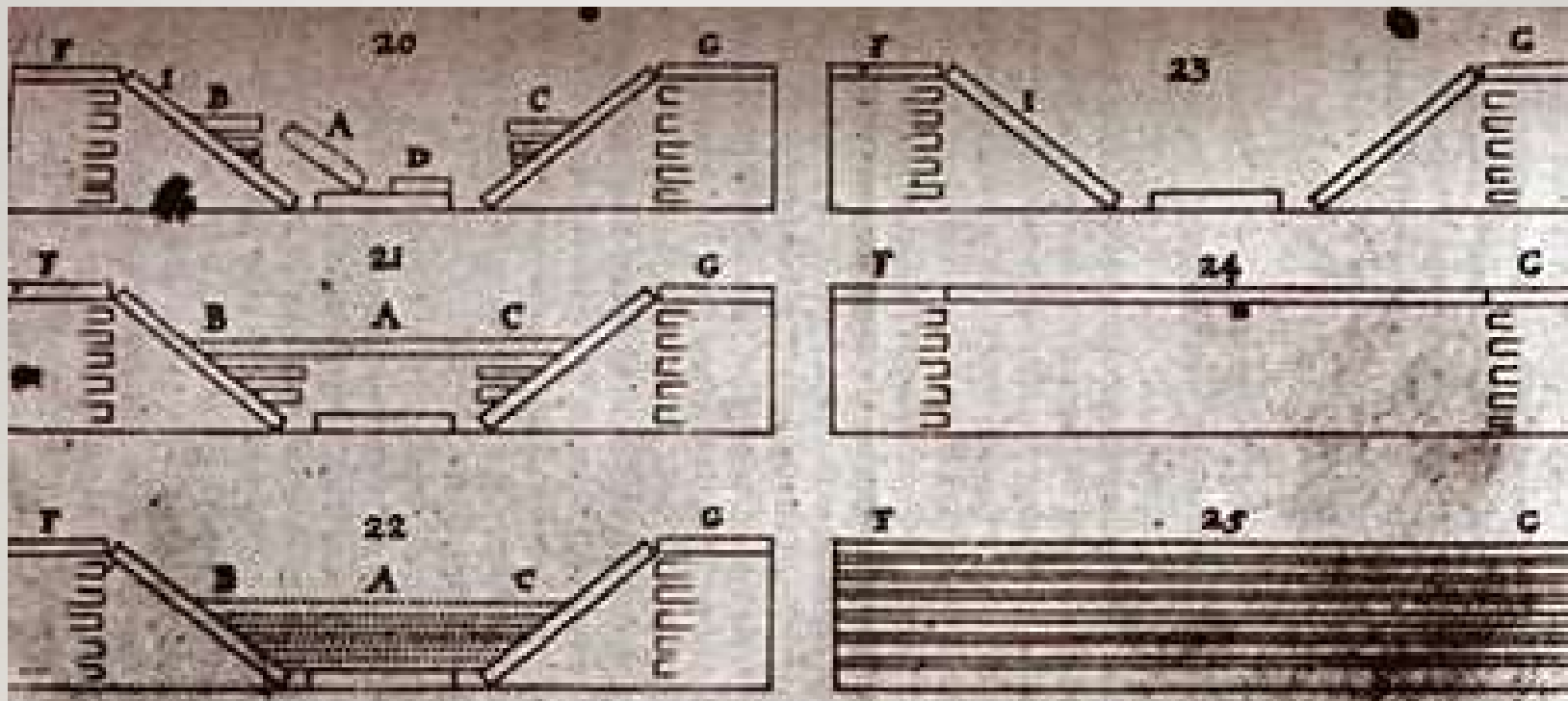
Princípio da continuidade lateral

Permite reconstruir a distribuição geográfica original de uma camada dissecada pela erosão por meio da correlação física dos seus vestígios

Camadas sedimentares são naturalmente contínuas, estendendo-se até as margens de bacia de deposição ou afinando-se lateralmente

PRINCÍPIOS DA ESTRATIGRAFIA

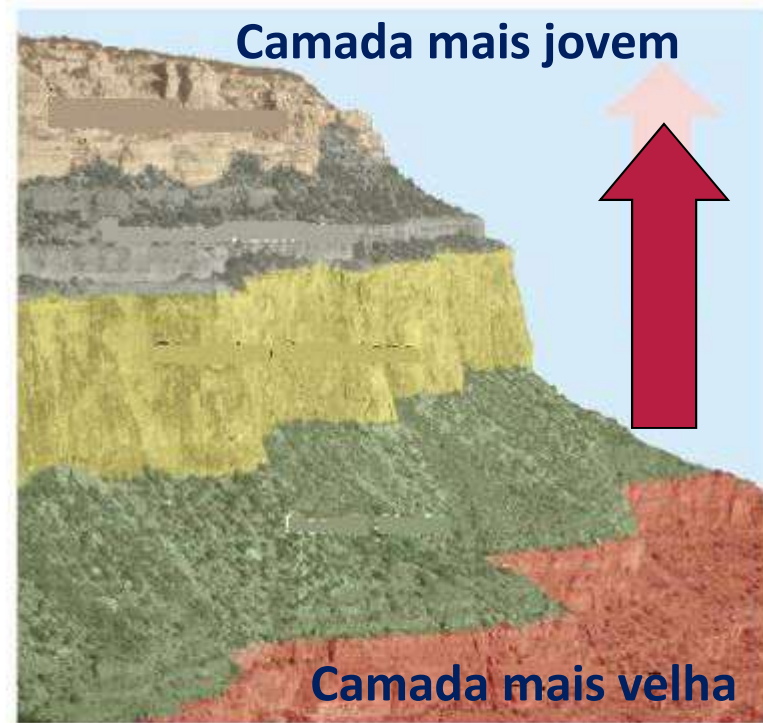
LEI DE STENO



Princípio da Sobreposição de Camadas



A.



B.

Grand Canyon, USA

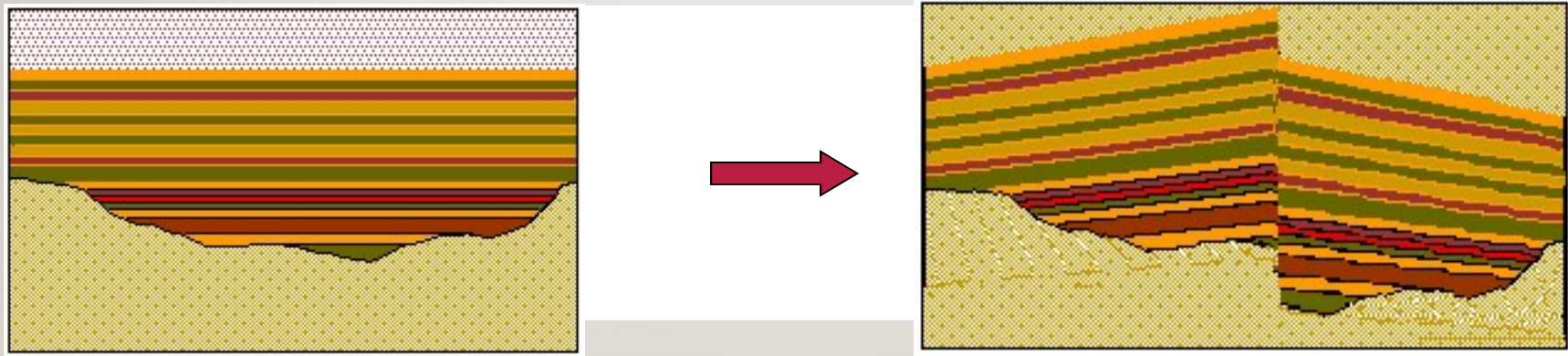


Princípio da Horizontalidade Original

- Camadas de sedimentos são geralmente depositadas horizontalmente;
- **Permite identificar deformações e falhas**



Camadas de rochas dobradas e falhadas indicam eventos tectônicos, posteriores à deposição dos sedimentos.

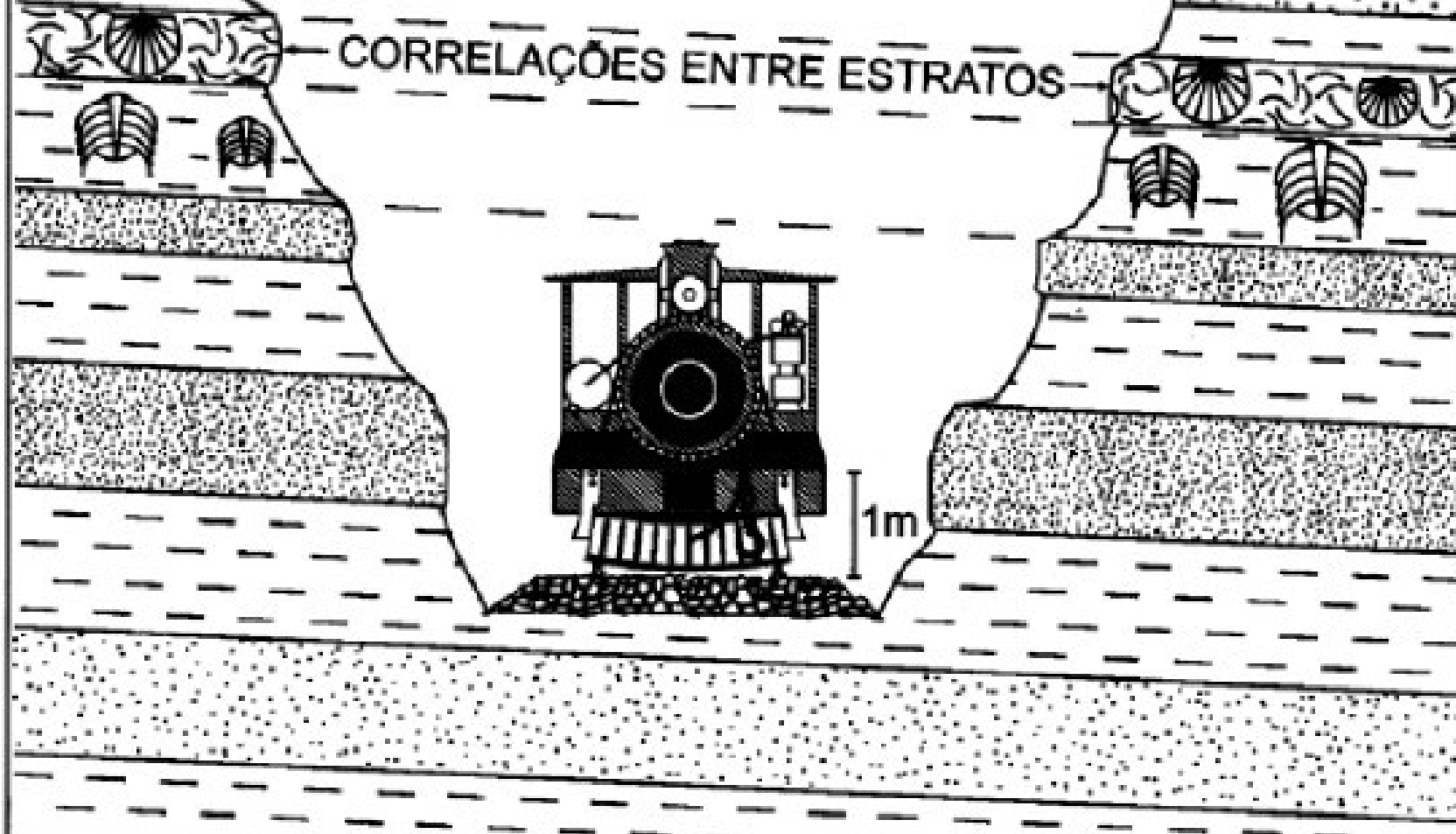


Princípio da Continuidade Lateral

- Camadas sedimentares estendem-se lateralmente;
- Permite a correlação entre partes desmembradas das camadas.



SEÇÃO DE UM AFLORAMENTO NUMA FERROVIA



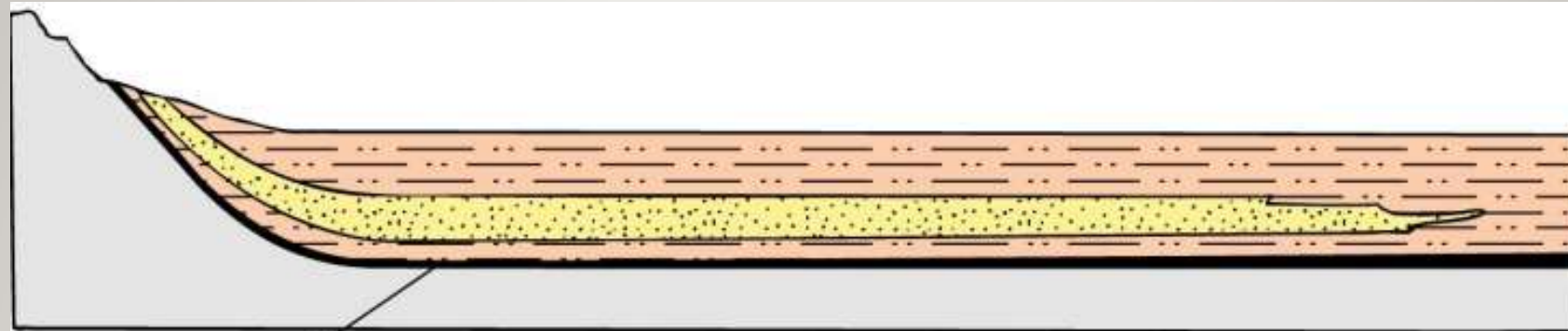
convenções:



litologias

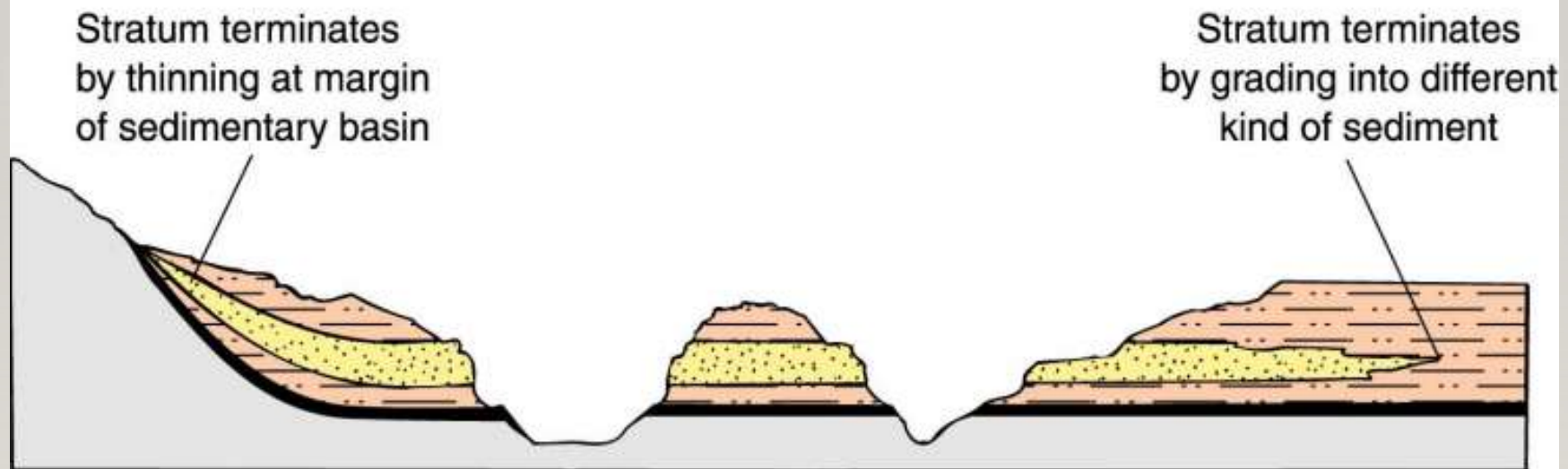


fósseis



Floor of sedimentary basin

A



Stratum terminates
by thinning at margin
of sedimentary basin

Stratum terminates
by grading into different
kind of sediment

B



FUNDAMENTOS DA GEOLOGIA

- **1780 – 1830**
- **Werner – Netunismo**
- **Hutton – Plutonismo**
- **Smith – Correlações estratigráficas e associações fossilíferas**
- **Charles Lyell – Princípios da Geologia**



WERNER NEPTUNISMO

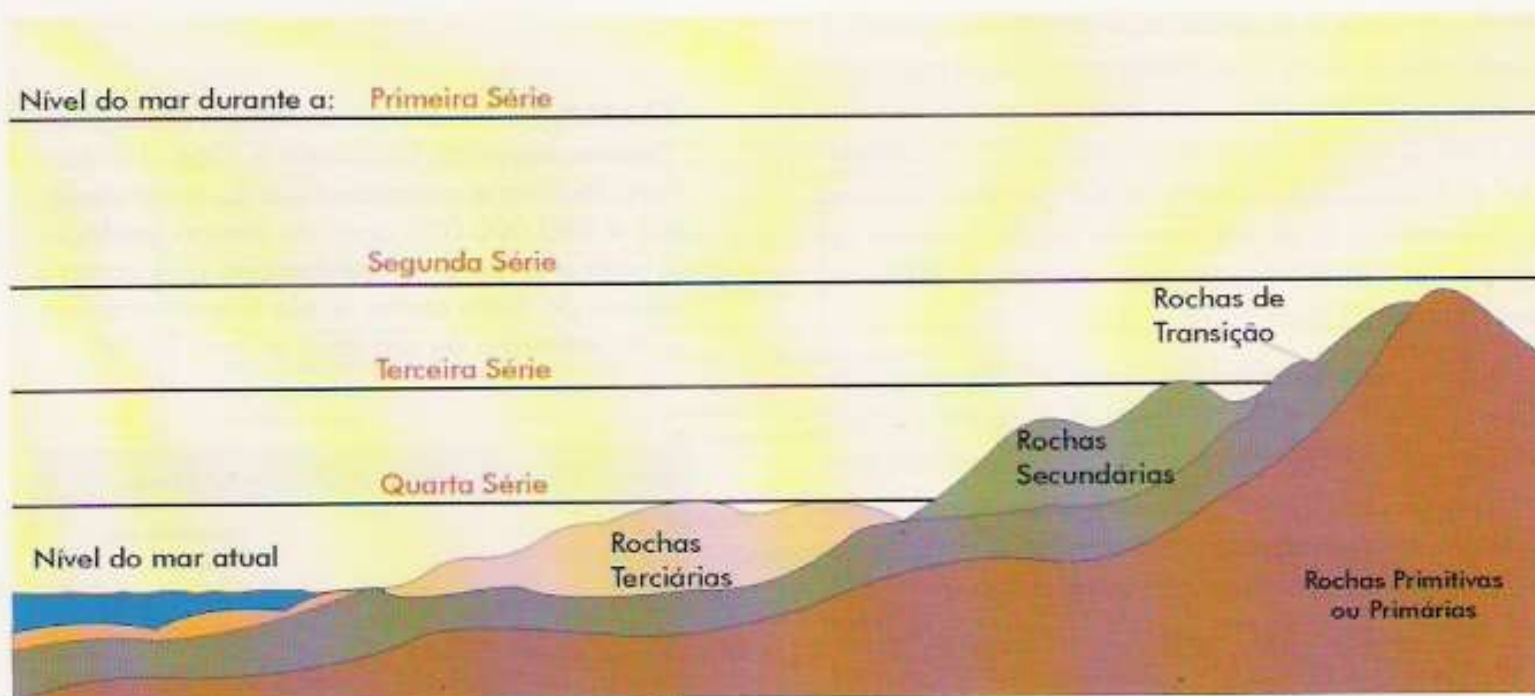
- Origem das rochas a partir da precipitação química das águas do mar primordial que cobria toda a Terra
- Aceitação pela Igreja
- Apesar de, em seus escritos, não mencionar origem divina



WERNER (1750-1817)

- *Influente líder científico*
- Professor carismático e líder extremamente influente
- Origem alemã
- Escreveu pouco: suas ideias foram perpetuadas pelos seus alunos
 - *professor de José Bonifácio, na Escola de Minas de Freiberg*
- **Geognosy – Escola de Werner**
 - *Dividiu as rochas em séries*
 - *Primárias (primitivas) – origem marinha*
 - *Secundárias (estratificadas) precipitados químicos e retrabalhamento das primárias*
 - *Rochas resultantes da queima de calcário e carvão*





Quarta Série	Terceira Série	Segunda Série	Primeira Série
Formações Parciais, geradas após a emergência dos continentes acima do nível do mar		Formações Universais precipitadas sobre toda a superfície original da Terra	
Rochas Terciárias Material aluvial dos terrenos baixos	Rochas Secundárias Arenitos, calcários e folhelhos, muito fossilíferos, com intercalações de rochas "precipitadas"	Rochas de Transição Calcários e grauvas, até com fósseis e marcas de corrente, ainda com outras rochas "precipitadas"	Rochas Primitivas ou Primárias Granitos, gnaisses, xistos, ardósias, e outras de "aspecto antigo"

Fig. 15.7 A origem das rochas segundo os netunistas.

James Hutton (1726- 1797)



Estabeleceu os modernos pontos de vista sobre a complexidade geológica do mundo e a percepção da enorme dimensão temporal



JAMES HUTTON

“O Presente é a chave para o Passado (1788)”

Leis físicas, químicas e biológicas hoje operantes, ocorreram similamente em épocas geológicas passadas.

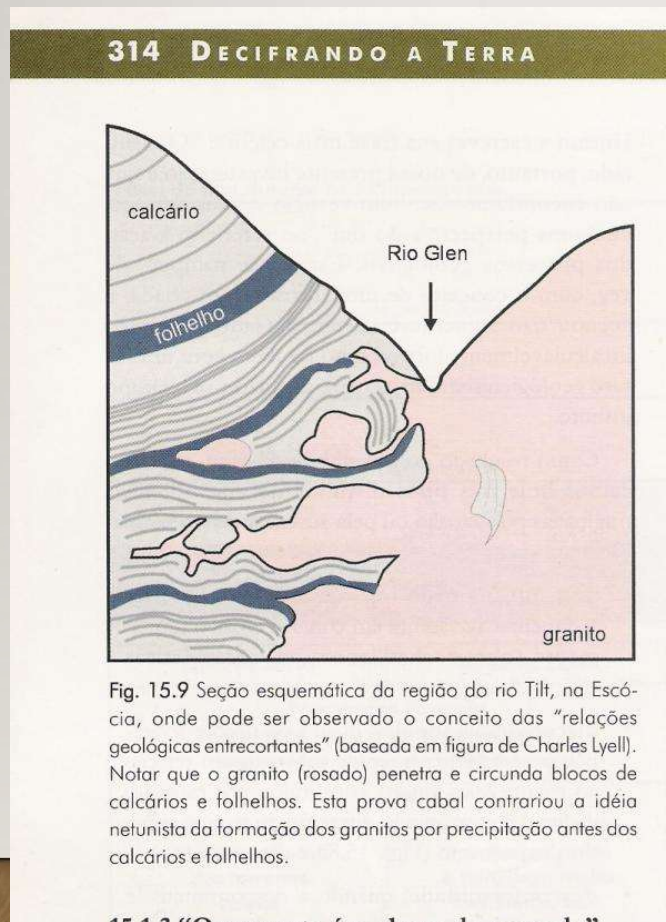
Livro “Theory of the Earth” (1795).

Divulgador: desenhista John Playfair: “Illustrations of the Huttonian Theory”.

Desde então reconhecemos que somos minúsculos pontos numa linha de tempo extraordinariamente longa



MODELO PLUTONISTA JAMES HUTTON



Esclarece os processos formadores de rocha, mas não apresenta um quadro estratigráfico (superposição de eventos) como no modelo netunista.

-
- Principio da relação de “ Cross-Cutting”
 - Uma intrusão ou falha tem que ser mais nova do que as rochas intrudidas ou cortadas....

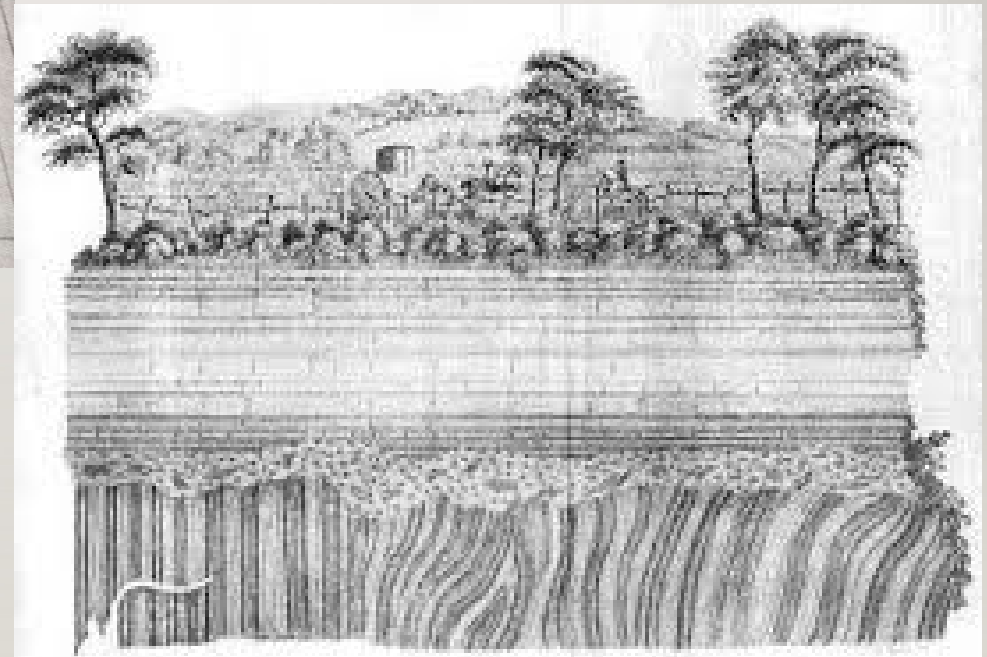
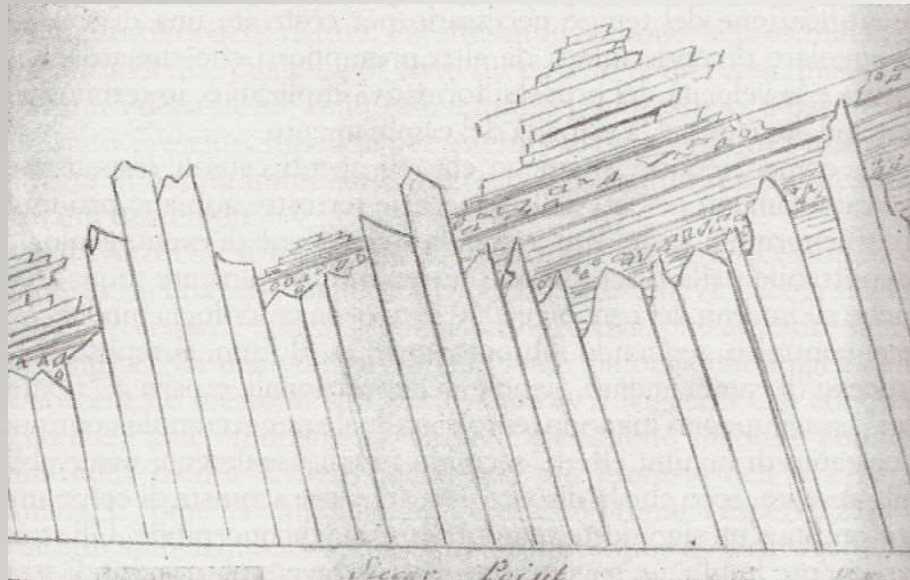
Siccar Point - Escócia



DOIS CICLOS DE DEPOSIÇÃO, SOTERRAMENTO,
DEFORMAÇÃO, SOERGUMENTO E EROSÃO.

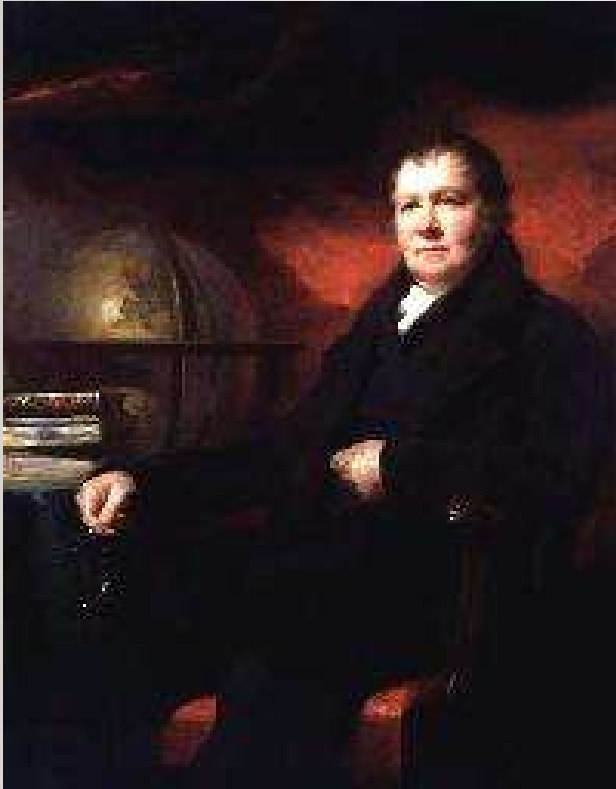
SICCAR POINT (ESCÓCIA)





James Hutton esteve em Siccar Point em junho de 1788, junto com Palyfair e James Hall, sendo que este último fez o presente esquema.





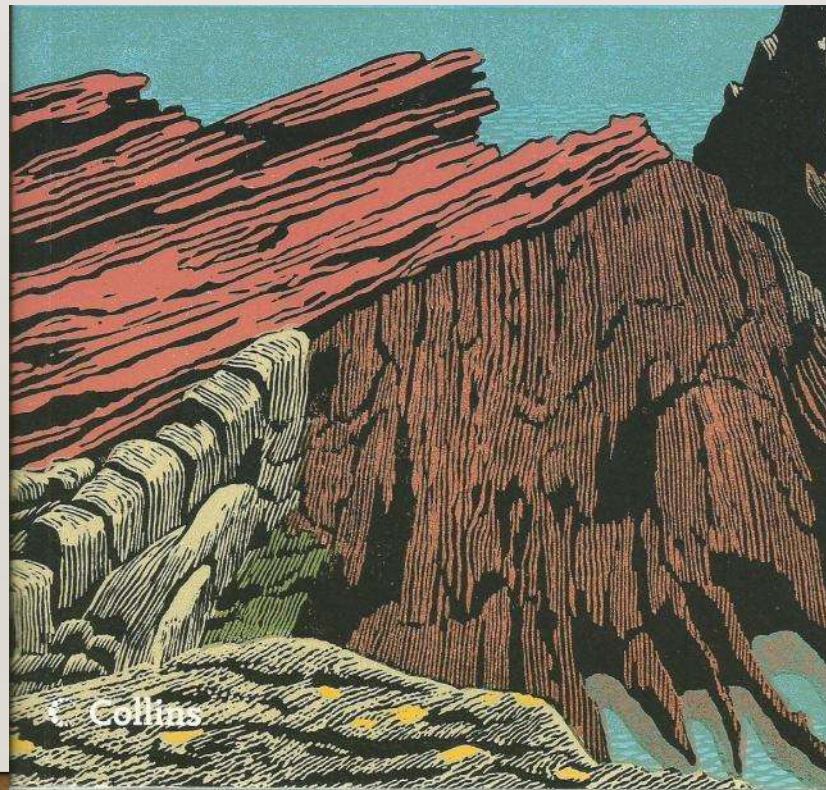
<http://www.scotlandpeoplehub.gov.uk/famous/>

John Playfair, formado na University of St Andrews, foi importante para difundir as ideias de Hutton, tido como alguém que escrevia de forma prolixa.

Playfair escreveu suas ideias de forma mais clara no livro *Ilustrações da Teoria Huttonian da Terra* em 1802.

Foi também seu biógrafo.

O que espantava Hutton e equipe é que seria difícil explicar a ocorrência de diferentes processos geológicos em apenas 6 000 anos, como se pensava ter sido o planeta criado!
O termo usado “*abyss of time*” demonstrava a ideia de um longo período de tempo.



Friend (2012)

Mais tarde, Hutton expressou este novo entendimento dos processos geológicos como:

**“NO VESTIGE OF A BEGINNING AND
NO PROSPECT OF AN END”**

*atualmente conhecido como
“tempo profundo”*

*o que revolucionou e possibilitou melhor
entender com o Planeta Terra funciona*



Hutton, ao observar os diferentes tipos de rochas superpostos, com um hiato entre as mesmas, interpretou o seguinte:

- 1) formação de camadas horizontais no fundo de um mar;*
- 2) Elevação e dobramento das camadas;*
- 3) Erosão lenta com remoção das rochas superiores*
- 4) Nova ação tectônica e colocação das rochas abaixo do nível do mar;*
- 5) Nova lenta e prolongada acumulação de sedimentos e origem de nova formação geológica;*
- 6) Finalmente, as duas formações foram soerguidas acima do nível do mar, onde se pode observar o afloramento e estudar como se formaram*

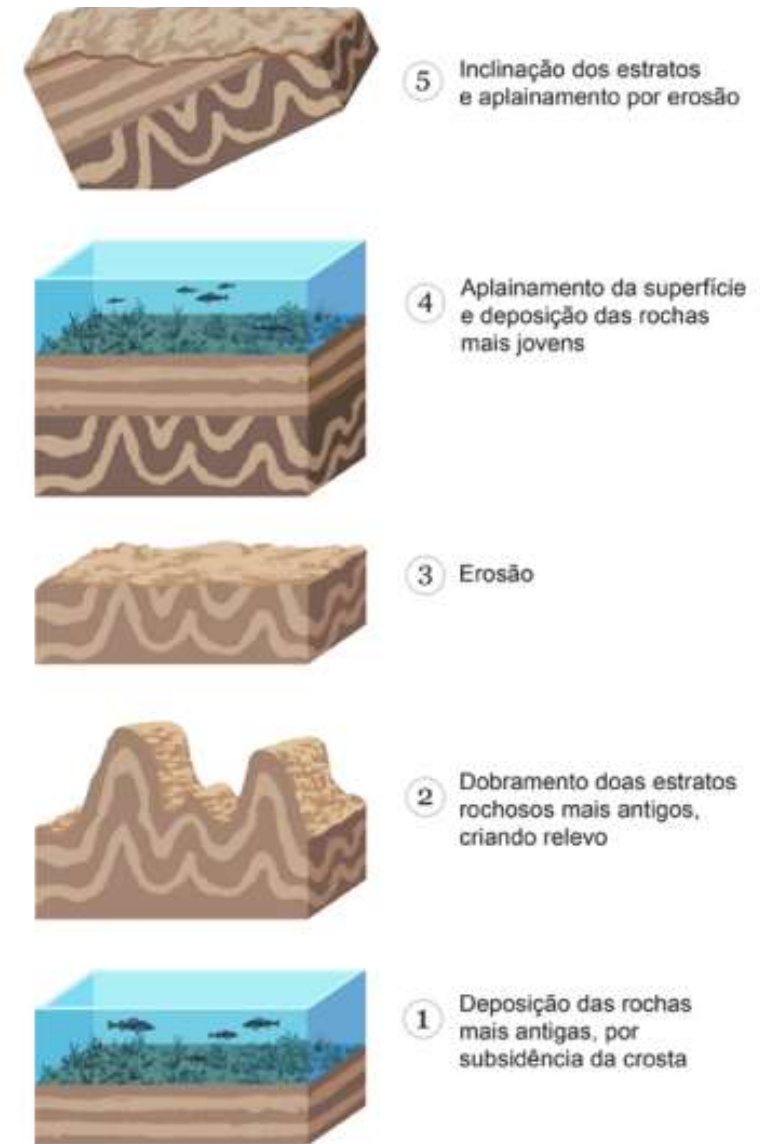


Figura 1.9: Ilustração do ciclo geológico de James Hutton, segundo a lei da superposição de estratos rochosos. As rochas mais antigas (menos perturbadas) repousam abaixo de rochas mais jovens. Dessa forma, a série de eventos registrada (deposição, dobramento, degradação, aplainamento e inclinação) representa a própria história geológica de uma região.

-
- **Princípio da intersecção.** Caso uma rocha corte ou trunque outra, a rocha mais velha é a truncada e a mais nova é a que trunca.
 - **Princípio da Inclusão.** Caso uma rocha contenha fragmentos de outra, ela é mais nova que a rocha que cedeu os fragmentos.
 - **Princípio do Uniformitarismo.** O presente é a chave do passado. Todos os fenômenos físicos que ocorrem hoje são os mesmos que ocorreram no passado, não variando a intensidade.



- Charles Lyell visitou Siccar Point em 1824

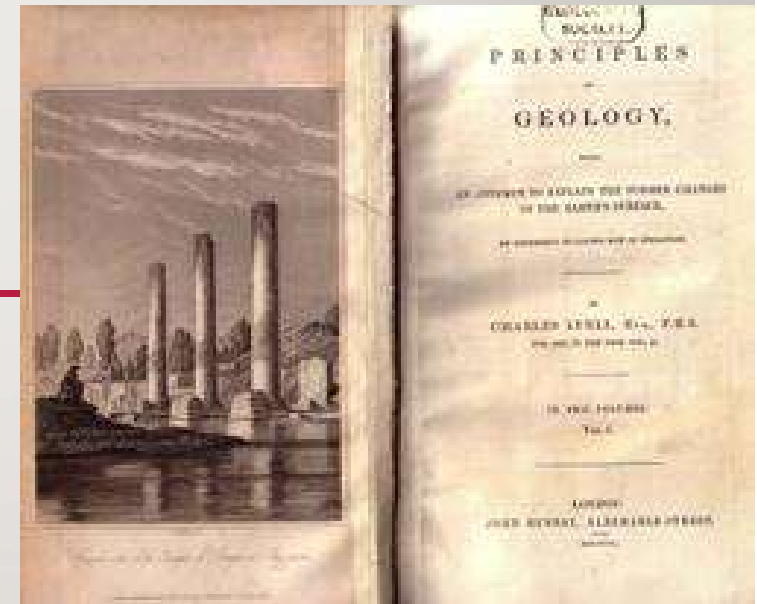
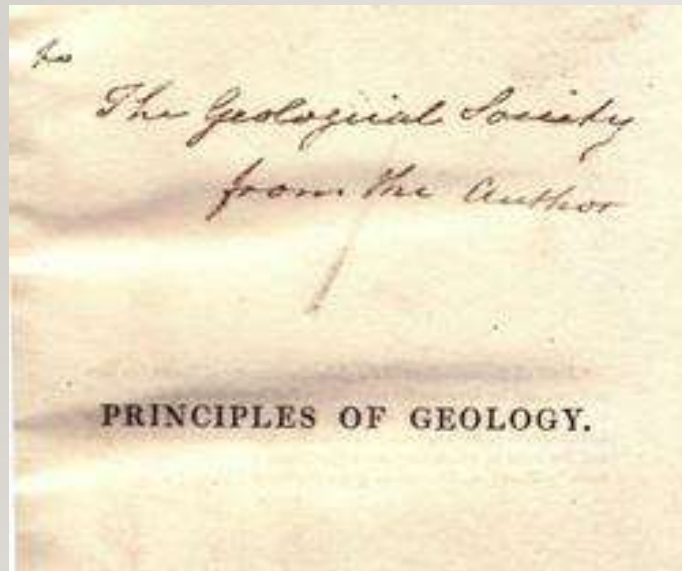
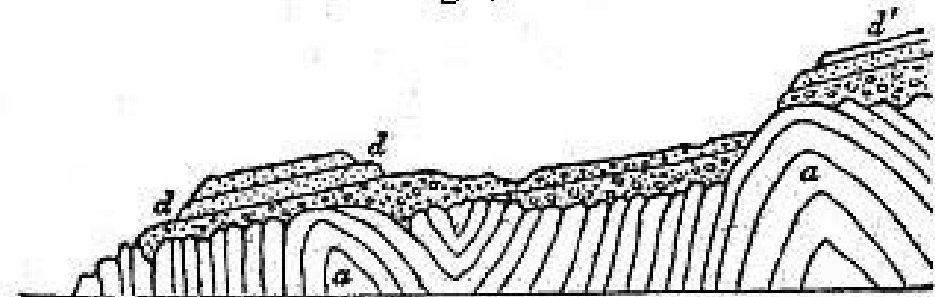


Fig. 78



Unconformable junction of old red sandstone and Silurian schist at the Siccar Point, near St. Abb's Head, Berwickshire.

Esquema geológico de Siccar Point Fig. 78

PRINCÍPIO DO UNIFORMITARISMO

A memória da Terra estaria representada por incontáveis ciclos naturais exatamente iguais, envolvendo desgaste, construção, erosão e criação.

A natureza e a velocidade dos processos geológicos não varia, de modo significativo, no tempo geológico. Há uniformidade e regularidade.

“As leis geológicas atuaram de maneira uniforme no passado.”

A máquina terrestre seria quase eterna, onde forças dinâmicas internas criavam esforços que, no decorrer do tempo quase incomensurável, elevavam terras dos novos oceanos enquanto outras superfícies expostas eram erodidas.



-
- James Hutton morreu em 1797, antes de suas ideias serem plenamente aceitas pela comunidade científica, ainda predominando a doutrina da igreja.
 - Charles Lyell nasceu no mesmo ano da morte de Hutton e foi uma das figuras mais influentes da geologia moderna.
 - Avançou sobre o princípio histórico da Geologia, a partir das ideias de Hutton.

CHARLES LYELL

- Maior divulgador dos conceitos da moderna história natural.
- Adoção do Uniformitarismo significou o mundo científico aceitar a longa história da Terra.
- 1830-1875: 14 edições da obra “Principles of Geology”.
- Ideia central sobre o caráter dinâmico da Terra, até hoje seguido. Estudos embasados em leis da natureza constantes presentemente identificáveis, aliadas à disposição física das rochas.

Charles Lyell

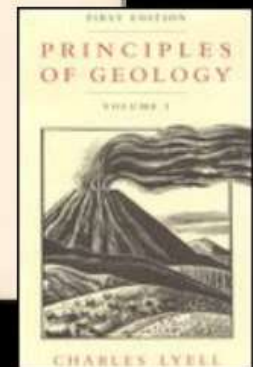
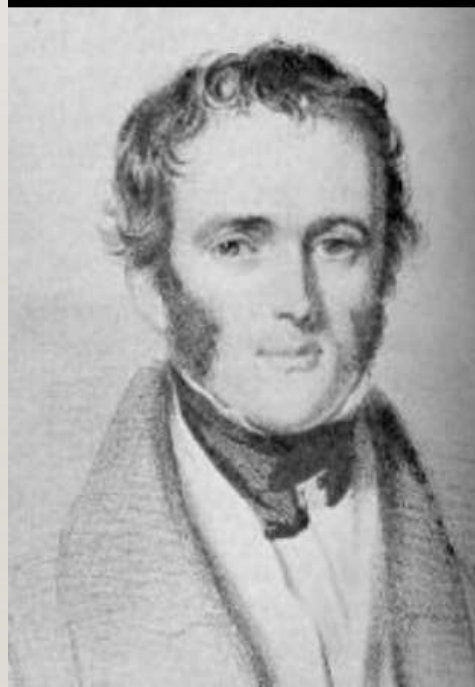
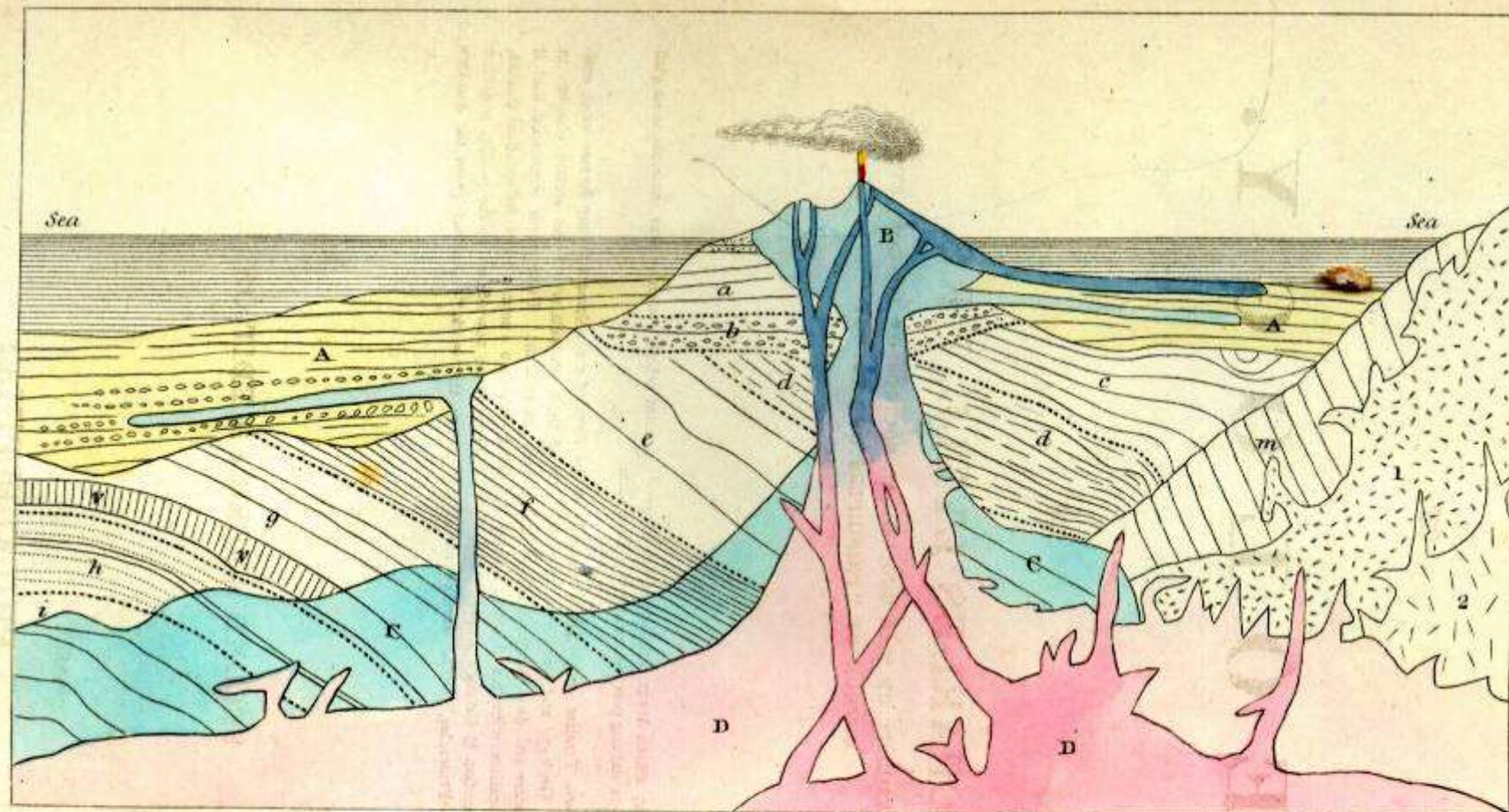


Ilustração do livro “Principles of Geology”, de Charles Lyell, retratando as relações espaciais (e temporais) entre corpos de rochas



IDEAL SECTION of part of the Earth's crust explaining the theory of the contemporaneous origin of the four great classes of rocks:—see Chap. I.

A Aqueous

B Volcanic.

C Metamorphic.
(Gneiss, mica-schist, &c.)

D Plutonic.
(Granite, &c.)

All the rocks older than A.B.C.D. are left uncoloured.

ATUALISMO

Todas as ações geológicas do passado são similares às do presente.

- **“O presente é a chave do passado”.**



WILLIAM SMITH (1769-1839)

- Mentor do primeiro mapa (1815) de camadas geológicas com base na correlação temporal de fósseis e “camadas-guia” (Inglaterra, País de Gales e Escócia).
- Estabeleceu o conceito da Sucessão Faunística e os critérios fossilíferos na geologia histórica.

Fósseis testemunham as mudanças progressivas do simples para o complexo, revelando o desenvolvimento da vida no tempo geológico.



William Smith



BIBLIOGRAFIA BÁSICA

- Fritz, W.J. & Moore, J.N. 1988. Basics of Physical Stratigraphy and Sedimentology. Ed Wiley, New York, 371 p.
- Decifrando a Terra - Capítulo 15 – Em Busca do Passado do Planeta – Tempo Geológico (1ª Edição). Thomas R. Fairchild, Wilson Teixeira e Marly Babinski
 - Capítulo 10 – Geologia e a descoberta da magnitude do tempo (2a edição).



DICAS DE ARTIGOS E VÍDEOS

- Yamada, T., 2009. Hooke–Steno relations reconsidered: Reassessing the roles of Ole Borch and Robert Boyle. *The revolution in geology from the renaissance to the enlightenment*, 203, p.107.
- Vai, G.B., 2009. The Scientific Revolution and Nicholas Steno's twofold conversion. *The Revolution in Geology from the Renaissance to the Enlightenment*, 203, p.187.
- Bacia Sedimentar do Paraná (Parte1) - https://www.youtube.com/watch?v=_NZtrbjl55A
- Bacia Sedimentar do Paraná (Parte2) - <https://www.youtube.com/watch?v=E5aQFWC5B5k>
- "BBC James Hutton legenda em Português" - <https://www.youtube.com/watch?v=UDwN5jXxAb0>

