

O TEMPO GEOLÓGICO

A geologia sempre buscou entender os fenômenos findados, em uma escala de milhões de anos ou até bilhões de anos, por intermédio do registro geológico das rochas, fósseis e uma infinidade de estruturas geológicas que escaparam dos fenômenos erosivos para se eternizar no “livro das rochas.” A leitura do “livro das rochas”¹ é complicada em função de sua natureza de registros incompletos, descontínuos, superpostos e repetitivos ao longo da história geológica do planeta. Nesse sentido a geologia buscou ordenar e comparar eventos passados em uma escala de tempo padronizada e aplicada para o mundo inteiro. Antes disso, a espécie humana ao longo de sua história recente, teve que passar por mudanças paulatinas de natureza dogmática, cultural e política até estabelecer os padrões atualmente aceitáveis sobre sua própria percepção da história evolutiva da Terra.

As concepções iniciais que tratavam sobre a idade da Terra em tese estabeleceram da mesma forma, as bases do surgimento da geologia. Foram os últimos dois séculos que registraram os primeiros tratados que se responsabilizaram em analisar a Terra como sendo extremamente mais antiga do que se considerava. De uma escala milenar a origem da Terra se envolveu em teorias imersas em escala de bilhões de anos.

Dois grandes acontecimentos na história da civilização humana foram responsáveis por consolidar a Geologia como uma ciência:

- O iluminismo onde o ser humano abandona o dogma sobrenatural e assume uma postura investigativa sobre os fenômenos naturais, postulando suas teorias a serviço do senso comum na emergente sociedade científica.
- A revolução Industrial período histórico em que se incrementou a demanda por matérias primas e recursos energéticos da Terra (Litosfera).

Antes disso, a natureza dogmática, cultural e política das sociedades sustentavam o paradigma de que a Terra era o resultado de uma recente criação perfeita em uma escala de tempo milenar. Em resumo exemplificam-se algumas principais:

Judaísmo pré-cristão: concebia a Terra como um astro com poucos milhares de anos;

Idade Média e Renascença: dominada pelo paradigma dogmático estabelecido por dinastias de “sábios europeus” que geralmente afirmavam em coerência com as escrituras bíblicas que a “criação do mundo” (da Terra) se deu há cerca de absolutos 6.000 anos. Talvez a mais iconográfica teoria da criação seja o frontispício *de Telluris theoricæ sacra* ou a Teoria sagrada da Terra de Thomas Burnet². Em “Cronologia Bíblica” do Arcebispo Ussher (1581-1656) ficou até então paradigmaticamente posto que a “criação” se deu em um domingo de 23 de outubro de 4004 A.C..Ussher foi citado até fins do século XX em textos bíblicos.

¹ Onde se entende nas entrelinhas rochosas a história evolutiva da litosfera e suas relações como a biosfera.

² Ao final dessa sùmula (páginas 12 e 13) a título ilustrativo, encontra-se um fragmento de texto do livro Seta do Tempo Ciclo do Tempo de Stephen Jay Gould (1991, editora Companhia das letras) o qual faz alusão iconográfica ao frontispício de Burnet.

O pensamento intelectual dos séculos XVII e XVIII firmou o paradigma de que o ser humano habitava a Terra e essa estava no centro do Universo. A espécie humana tendo a Terra o seu uso exclusivo, permitiu criar o meio ideal para a Geologia nascer e se estabelecer com uma ciência em um futuro breve. O dinamarquês Nils Stensen (1638 - 1686) ou Steno, sua denominação latina, marcou as bases da geologia moderna ao estabelecer em seu livro *Prodromus* de 1669, os três princípios que regem a organização das seqüências sedimentares, hoje denominadas princípios de Nicolau Steno:



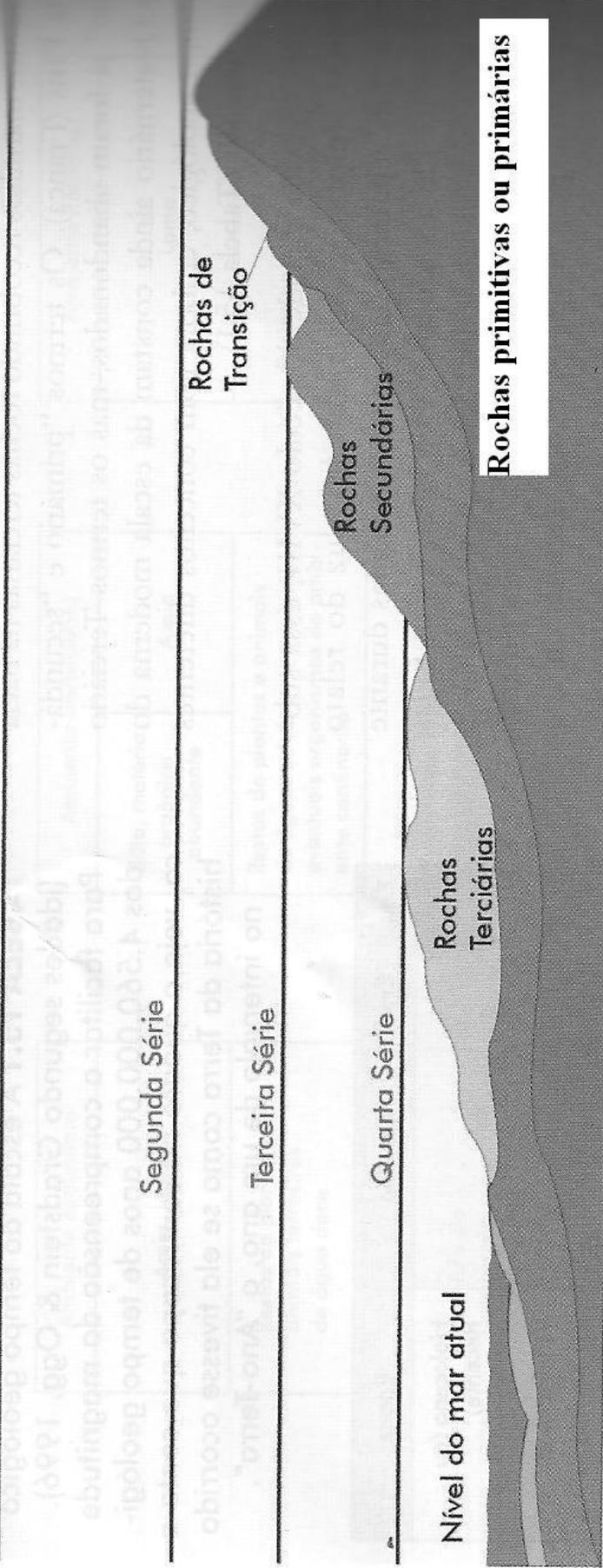
1. **Superposição:** sedimentos se depositam em camadas: as mais velhas acumulam-se na base e as mais novas acumulam-se sucessivamente acima.
2. **Horizontalidade original:** depósitos sedimentares se acumulam em camadas sucessivas dispostas de modo horizontal.
3. **Continuidade lateral:** camadas sedimentares são contínuas, se estendem até as margens da bacia de acumulação, ou se afinam lateralmente.

Em continuidade aos esforços e tentativas de ordenar a história geológica da Terra, por volta do século XVIII, entre 1750 e 1760, Giovanni Arduino (1713-1795) estudioso das rochas dos Alpes da Itália e Lehmann (1719-1767) na Alemanha, classificaram como rochas primárias ou primitivas, as rochas cristalinas com minérios metálicos dos núcleos montanhosos. Seguindo essa metodologia classificaram também de secundárias as rochas estratificadas (calcários e folhelhos fossilíferos) e de terciárias as rochas estratificadas com fósseis marinhos e intercalações vulcânicas. Para acomodar nessa classificação as rochas com características diagnósticas intermediárias entre as primárias e as secundárias posteriormente se criou o termo “rochas transicionais”.

Em 1829, dando seqüência nessa linha de investigação, Desnoyers em 1829, criou o vocábulo quaternário para sedimentos marinhos que recobriam rochas terciárias na bacia de Paris.

Na segunda metade do século XVIII, vigorou a teoria do **netunismo**, que pregava sob a visão bíblica da “separação das terras e das águas” durante a criação, que todas as rochas (ígneas, metamórficas e sedimentares) teriam se precipitado das águas do “oceano primordial”, daí a alusão a Netuno, deus do mar da mitologia greco-romana. Todas as rochas continentais se formaram em quatro séries seqüenciais oriundas do “*mar primevo*” (como relatado na Bíblia). Pelo netunismo, as duas séries mais antigas de rochas eram formadas em capas concêntricas sobre toda a superfície terrestre, quando o mar primevo cobria todo o planeta. A outras duas séries rochosas (constituídas por fósseis e demais estruturas sedimentares), teriam se formado quando os continentes já se posicionavam acima do nível do mar primevo. A baixa dos níveis oceânicos e a exposição dos blocos continentais se davam, segundo netunistas com Steno, através de enormes fissuras rochosas que se dirigiam para o interior do planeta Terra. Abraão Gottlog Werner (1749-1817) foi o proponente mais forte da teoria netunista. Professor da Academia de Minas em Freiberg (Alemanha), foi professor de mineralogia de José Bonifácio de Lima e Silva na década de 1790. O quadro a seguir, ilustra a origem das rochas segundo os netunistas:

Nível do mar durante a: Primeira Série



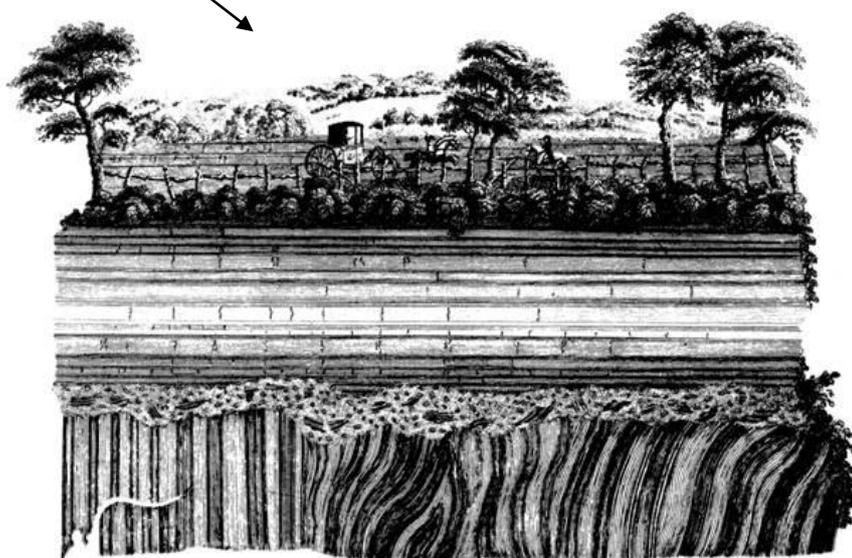
| Quarta Série | Terceira Série | Segunda Série | Primeira Série |
|---|--|---|---|
| Formações Parciais, geradas após a emergência dos continentes acima do nível do mar | | Formações Universais precipitadas sobre toda a superfície original da Terra | |
| Rochas Terciárias Material aluvial dos terrenos baixos | Rochas Secundárias Arenitos, calcários e folhelhos, muito fossilíferos, com intercalações de rochas "precipitadas" | Rochas de Transição Calcários e grauvacas, 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". |

uma série de análises que em breve, levariam a geologia como uma ciência pura, ao longo das primeiras décadas do século XIX. Hutton criaria o **plutonismo** (em alusão a Plutão, deus grego das profundezas). Hutton observou que a camadas inferiores do planeta eram de natureza fluídica, quente e intrusiva, pois podiam cortar de forma intrusiva, camadas de rochas superiores e mais antigas. Um exemplo foi sua observação de evidências de metamorfismo de contato entre basalto e rochas sedimentares em Edinburgo. Hutton interpretou como intrusivo e não precipitado o granito que cortava as camadas calcárias que supostamente eram mais recentes, segundo os netunistas. As teorias de Hutton se contra posicionavam fortemente ao netunismo de Werner. Hutton pôde perceber que a história geológica da Terra era inimaginavelmente mais longa do que se considerava. Em sua obra *Theory of the Earth*, Hutton sustentava o paradigma do “**princípio geológico de causas naturais**” de que o registro geológico podia ser entendido pelos mesmos processos que atuam hoje sobre a Terra como, sedimentação, vulcanismo etc. Para isso e em uma escala de tempo geológico, muito maior do que milhares de gerações humanas, fenômenos geológicos ocorriam naturalmente, sem a necessidade de sustentar modelos que apelassem para origens especiais ou intervenções divinas.

O afloramento *Siccar Point*, Escócia

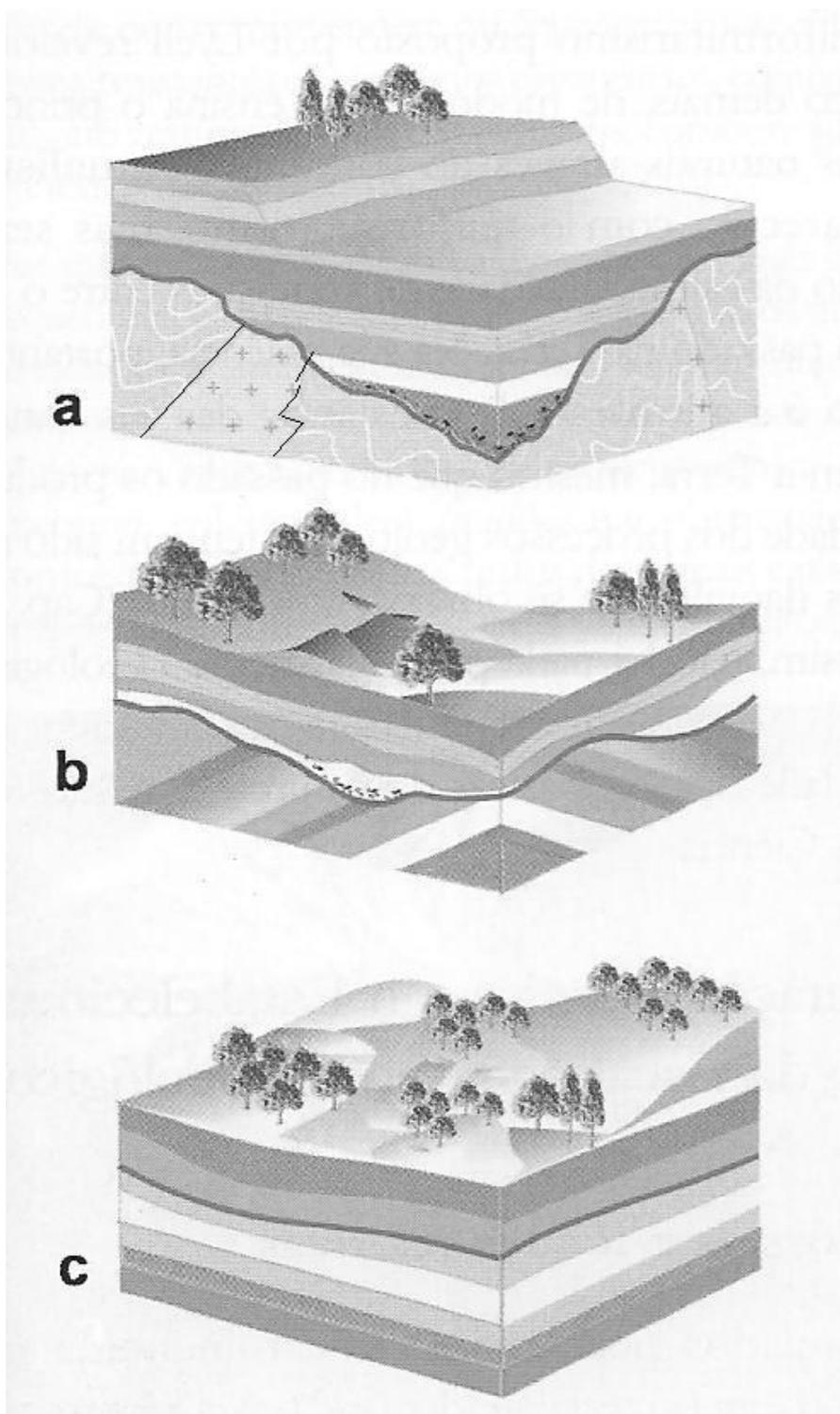
Em observações de campo na localidade de *Siccar Point*, Escócia, Hutton observou um padrão cíclico no registro geológico. Em outras palavras, sempre que Hutton buscava descobrir o “início” da atividade geológica na Terra, sempre se deparava com uma situação geológica inusitada: formações geológicas mais antigas ainda, com sinais claros de padrões cíclicos mais antigos que os vistos superiormente. Esses padrões geocíclicos eram na maioria das vezes, perturbados por dobras, metamorfismos e superfícies erosivas, que não eram concordantes entre si. Hutton as denominou de **superfícies discordantes erosivas**. Nesse ponto Hutton criara na geologia o princípio da **discordância**. Nesse sentido Hutton concluiu não ser possível descobrir vestígios de um começo geológico primordial da Terra e muito menos a perspectiva de um fim.

James Hutton



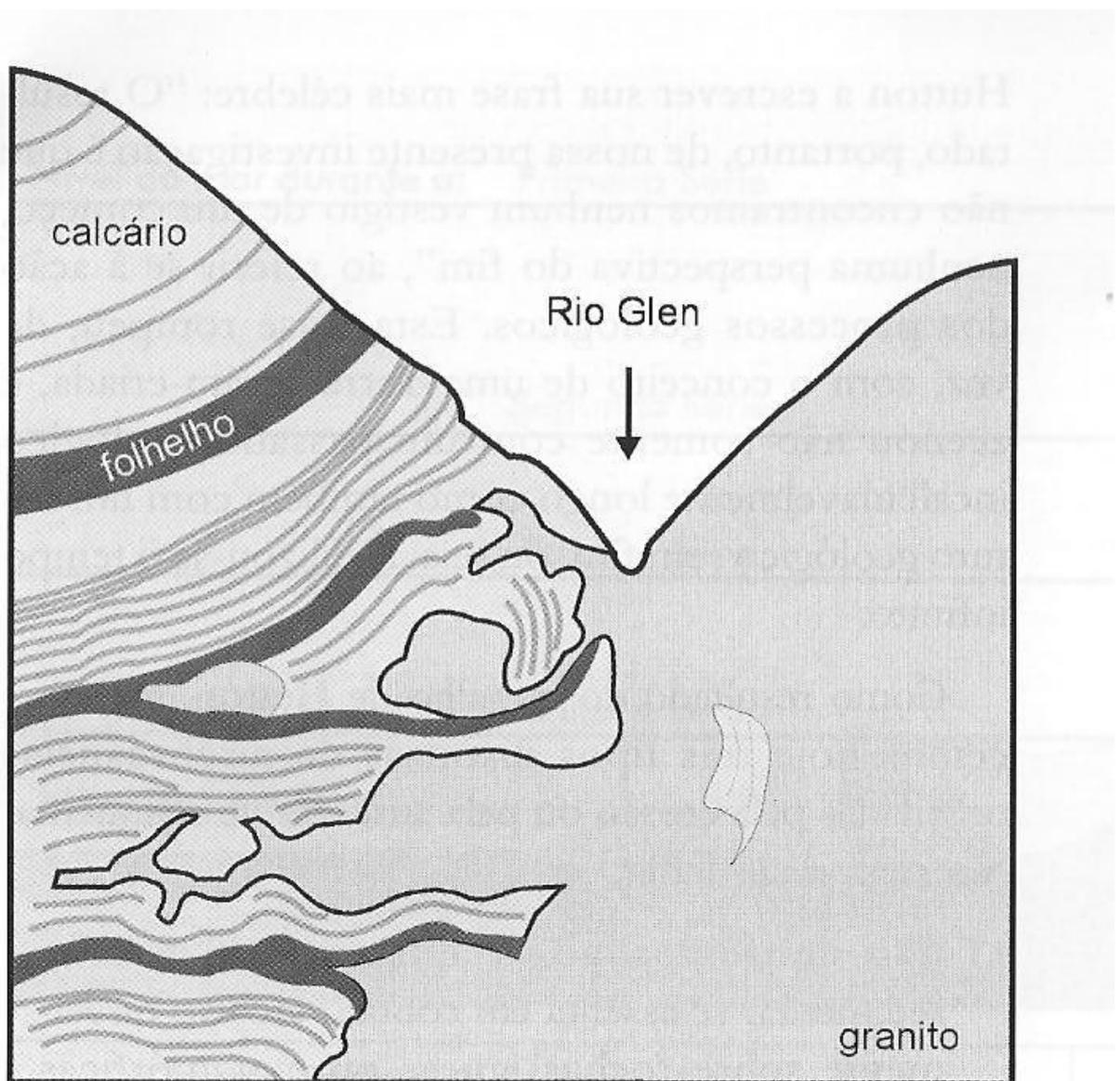
Como resultado do trabalho de Hutton, a geologia atual reconhece por definição três padrões bem definidos de **discordâncias**:

- a) **Não-conformidade**: quando um pacote sedimentar se assenta em contato erosivo direto por cima de rochas ígneas ou metamórficas.
- b) **Discordância angular**: quando um pacote de sedimentos se sobrepõe a outro, através de um contato abrupto em relação ao pacote sedimentar mais antigo, que é constituído por camadas inclinadas com ângulos diferentes do pacote superior mais recente.
- c) **Desconformidade**: tipo de descontinuidade suave ou quase paralela, onde os planos de acamamento, entre as rochas e subparalelo. Nesse tipo de formação, a discordância é de difícil interpretação. Só pode ser diagnosticada por diferenças gritantes ao nível da paleodiversidade local ou através de fortes contrastes faciológicos entre as camadas de contato.



As relações entrecortantes de corpos rochosos de James Hutton

Qualquer feição geológica (rocha, formações fossilíferas ou estrutura) cortada ou perturbada por outra (dique, discordância, falha, dobra, atividades bioturbantes, etc.) caracteriza uma relação entrecortante. O exemplo abaixo mostra uma rocha granítica penetrando e circundando blocos e calcários e folhelhos. Essa observação contribuiu em muito para a decadência das idéias netunistas da formação dos granitos por precipitação oceânica antes dos calcários e folhelhos.



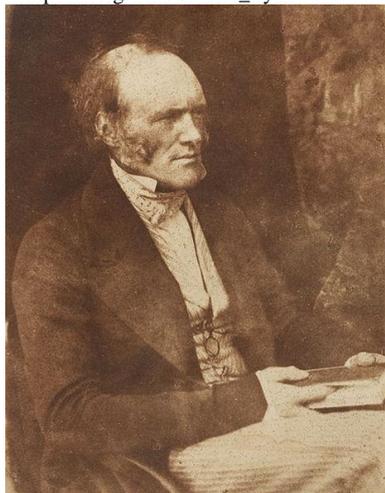
O uniformitarismo e o atualismo: o presente é a chave do passado

Charles Lyell (1797-1871) escocês que entre 1830 a 1875 difundiu em sua obra de 14 edições denominada de *Principles of Geology*, o princípio das causas naturais sob o prisma do uniformitarismo. Sua influência foi marcante em muitos outros estudiosos desse período. Curiosamente Charles Darwin (1809-1882) levou a obra de Lyell em sua expedição no HMS Beagle ao redor do mundo.

O paradigma de Lyell se baseava na idéias de que o presente seria a chave do passado, sendo esse, igual ao presente em termos de dinâmica externa e interna no planeta. Sua teoria mostrou-se hoje, como sendo relativamente incompleta. Sabe-se que a Terra, passou por períodos geológicos desprovida de formações vegetais. Dessa forma, fenômenos geológicos de dinâmica externa, como a erosão, certamente não ocorriam da mesma forma que hoje se manifesta, com a presença de formações vegetais.

A teoria de Lyell mostrou-se por vez dogmática, já que se baseava na “crença” imutável dos fenômenos da natureza, também por pregar o concomitantemente a essência do próprio **atualismo**, ou seja, a constância das leis naturais que regem a Terra, mesmo que no passado, os produtos e a intensidade dos processos geológicos tenham sido algo diferentes daquilo que se corrobora atualmente como fato geológico.

wikipedia.org/wiki/Charles_Lyell



De 1830 a 1833 seu multi-volume "*Principles of Geology (Princípios de Geologia)*" foi publicado. O subtítulo do trabalho era "*An Attempt to Explain the Former Changes of the Earth's Surface by Reference to Causes now in Operation*" ("Uma Tentativa em Explicar as Mudanças Formadoras da Superfície da Terra por Referência a Causas agora em Operação"), e isso explicava o impacto de Lyell na ciência. Ele foi, juntamente com John Playfair, o maior advogado da idéia então controversa do uniformitarianismo, de que a terra foi moldada praticamente inteiramente por forças lentas agindo por um longo período de tempo, contrastando com o catastrofismo, uma idéia que postulava que a maior parte das modificações eram abruptas, pela idade da Terra inferida através da cronologia da bíblia. Em várias edições revisadas (vinte, ao todo, até 1872), "*Principles of Geology*" foi o trabalho geológico mais influente no meio do século XIX, e foi essencial para dar a Geologia um embasamento moderno. Pelos seus esforços, ele foi condecorado em 1848, então, recebeu o título de Barão em 1864. Durante a década de 1840, ele viajou aos Estados Unidos e Canadá, o que resultou na escrita de dois livros populares sobre viagem e geologia: "*Travels in North America (Viagens na América do Norte)*" (1845) e "*A Second Visit to the United States (Uma Segunda Visita aos EUA)*" (1849). Charles Darwin foi um amigo próximo, e Lyell foi um dos primeiros cientistas proeminentes a apoiar "*The Origin of Species (A Origem das Espécies)*" — apesar de ele nunca ter aceitado inteiramente a seleção natural como o agente por trás da evolução. De fato, Lyell foi subserviente ao concordar pacificamente com a co-publicação da teoria da seleção natural por Darwin e Alfred Russel Wallace em 1858, após ambos terem descoberto independentemente. "*The Geological Evidence of the Antiquity of Man (A Evidência Geológica da Antigüidade do Homem)*" de Lyell foi publicada alguns anos depois em 1863. Ele recebeu a Medalha Copley em 1858 e a Medalha Wollaston em 1866. Desde sua morte, em 1875, ele encontra-se enterrado na Abadia de Westminster. A cratera de Lyell na Lua e uma cratera em Marte foram nomeadas em sua homenagem. (Fragmento Extraído de wikipedia.org/wiki/Charles_Lyell, 2011).

O princípio do **uniformitarismo** foi criado por **Charles Lyell**, naturalista escocês. Lyell teve como base para elaborar o princípio do uniformitarismo os estudos de outro naturalista escocês, **James Hutton** que sustentava a premissa de que **o presente é a chave do passado**, ou seja, os agentes geológicos e climáticos que construíram e modelaram o relevo da Terra no passado são os mesmos que agem no presente e com idêntica ação. Nesse sentido, os agentes geológicos de natureza vulcânica, tectônica e os exógenos, com os padrões climáticos, efeitos gravitacionais etc. agiram no passado da Terra com idêntica intensidade que agem no presente.

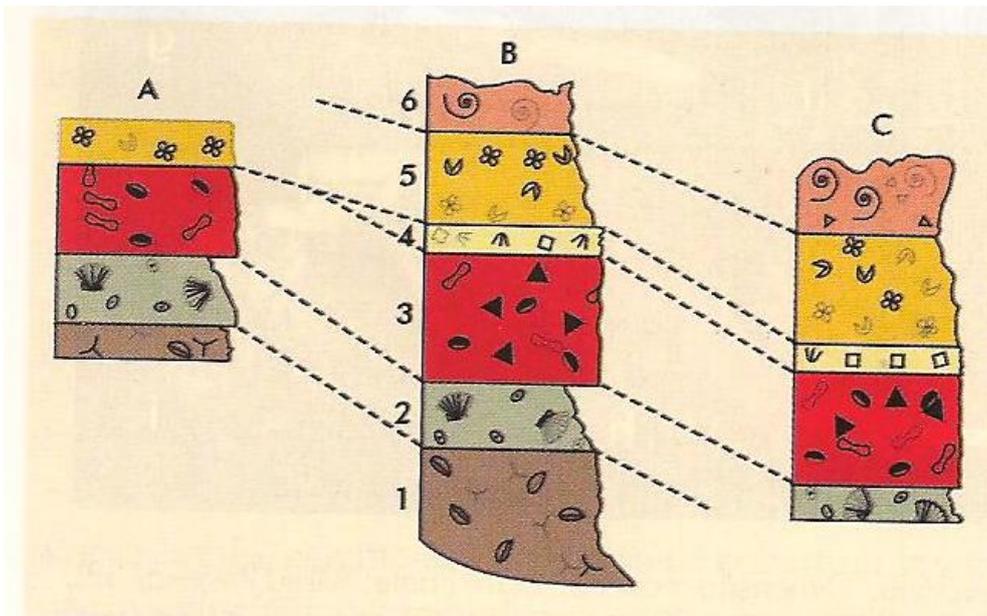
Em contrapartida, no **atualismo** não se constata igualdade entre os agentes endógenos e exógenos, que trabalharam no passado geológico da Terra e os que agem no presente (no holoceno). As formas do relevo terrestre têm sua gênese e sua modelagem diferenciadas das explicações do uniformitarismo.



O **falseamento do uniformitarismo** pode ser exemplificado através de uma erupção vulcânica ocorrente no início da formação da Terra que geraria cinzas vulcânicas diferentes das atuais, no caso, por exemplo, de um incêndio florestal causado por lavas de um vulcão ativo. Isso se daria simplesmente de na Terra não existirem florestas nos estágios iniciais de sua gênese. Imagem: <http://gracieteoliveira.pbworks.com>.

Os fósseis a paleontologia e a idade relativa das rochas: construindo a Escala Geológica do Tempo

Ao longo do século XVIII e início do século XIX, alguns naturalistas europeus e da Grã-Bretanha, ao aplicarem o princípio de Steno, observaram que os mesmos estratos fossilíferos eram encontrados sempre na mesma ordenação de camadas, independente da distância horizontal entre eles. William Smith em seu mapa geológico da Grã-Bretanha, Cuvier & Brongniart em bacias sedimentares na França, constataram que esse padrão de continuidade lateral das camadas fossilíferas, era uma forte ferramenta na previsão de distribuição de camadas nas formações geológicas. A essa constatação foi dado o nome de **correlação fossilífera** ou **bioestratigráfica**. Nesse sentido nascia também o princípio da **sucessão biótica**, onde é possível colocar rochas fossilíferas em ordem cronológica pela “assinatura” de seu conteúdo fóssil, pois cada período, época ou subdivisão do tempo geológico possui um conjunto particular de paleodiversidade (fósseis animais, vegetais, icnofósseis, etc.) representativo dos organismos que viviam naquele intervalo de tempo geológico.



Correlação fossilífera ou bioestratigráfica. A variedade e as mudanças no conteúdo fossilífero, representado pelos diversos símbolos de conchas, quadrados etc. nas camadas 1 a 6 da seção B permitem uma correlação temporal com as camadas nas seções A e C, com base no princípio de sucessão biótica. Na seção A, a camada 4 está ausente, representada por uma descontinuidade, já que as camadas 3 e 5 são paralelas entre si.

Da explicação dos processos que buscassem definir como ocorre a sucessão de fósseis na escala do tempo profundo, acabaram por surgir dois conceitos curiosamente opostos:

- **O catastrofismo de Cuvier:** teoria nascida da interpretação de que o registro fóssil era resultado de sucessivas extinções cataclísmicas globais, cada qual sucedida por “pulsos de recriação” de novas comunidades de organismos.
- **E a Evolução biológica de Darwin:** teoria que explicava a paleodiversidade com resultado da interação entre seres vivos e ambiente com a sobrevivência e sucesso das formas mais bem adaptadas, ou seja, o bem conhecido “processo de seleção natural”.

Muito embora os dois princípios fossem antagônicos entre si, de proveito, os naturalistas e geólogos empreenderam esforços em conjunto e buscaram estudar as principais sucessões geológicas da Europa e Grã-Bretanha e em um curto intervalo de tempo, entre 1822 a 1841, conseguiram padronizar um ordenamento de sucessões geológicas entre essas regiões em uma escala de tempo geológico, baseado nessa datação relativa da paleodiversidade contida nessas rochas estudadas.

Cada sistema de rochas teria sido depositado ao longo de um período de tempo geológico e teria uma identidade padrão, baseada e um conjunto peculiar de fósseis a esse sistema. O nome desse sistema de rochas por convenção, recebeu denominações alusivas à sua região. Abaixo por exemplificação, podemos entender esses nomes clássicos:

Cambriano: gr. *Cambria* = nome latino para Gália;

Ordoviciano: gr. *Ordovices* = antiga tribo Celta;

Siluriano: gr: *Silures*= antigos habitantes do oeste da Inglaterra;

Devoniano: gr: *Devon* = Devonshire, Inglaterra;

Carbonífero: gr: camadas de carvão do centro norte da Inglaterra;

Permiano: Perm, província Russa do lado oeste dos Urais;

Triássico: gr. *trias* = alusão a três litologias marcantes para o Sul da Alemanha:

(arenito → calcário → evaporito);

Jurássico: Jura, zona limítrofe entre a França e a Suíça;

Cretáceo: gr. *creta* = greda ou giz.

Terciário e Quaternário: termos herdados dos antigos princípios da precipitação marinha das rochas.



Darwin e Kelvin: em busca da Idade Absoluta da Terra

Quanto mais antiga ou recente uma rocha poderia ser em relação às outras? Essa foi uma grande preocupação de Darwin e Kelvin: como calibrar as rochas em termos de sua idade absoluta em anos? Em verdade as primeiras especulações relativas à idade absoluta da Terra foram feitas por Darwin que usou taxas de erosão marinha do litoral inglês para estimar em 300 milhões de anos, o tempo necessário para expor rochas cretáceas do litoral inglês. Em verdade esse cálculo foi errôneo já que o padrão erosivo como hoje se aceita é o fluvial e não o marinho. Fato esse que reduziu a idade para 85 milhões de anos. Sucessivas gerações de geólogos puseram-se a estudar a taxa de deposição e acúmulo sedimentar de diferentes rochas sedimentares e dividiam a espessuras dessas várias camadas por uma taxa de sedimentação julgada como um “padrão” para o modelo da época. Esse modelo de investigação para idade absoluta das rochas da Terra levou gerações à discussão, já que foram propostos muitos valores diferentes para a Terra, aplicando-se esse modelo. Em outras palavras, nesse período de investigações em que se usou essa metodologia para analisar absolutamente a idade da Terra, dados eram publicados e variavam entre si em uma escala de três milhões a 1,5 bilhões de anos!

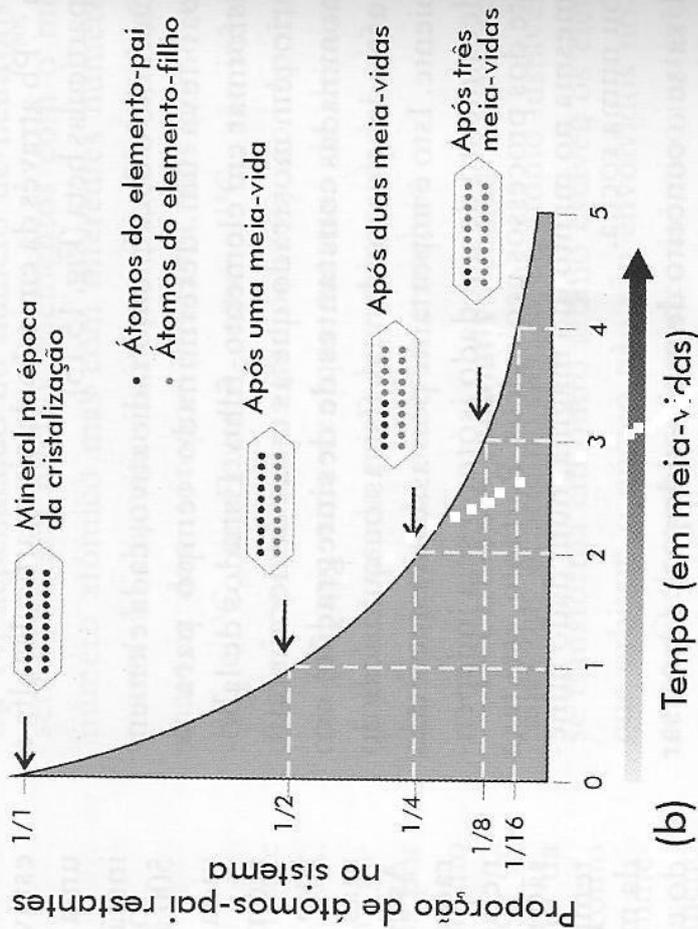
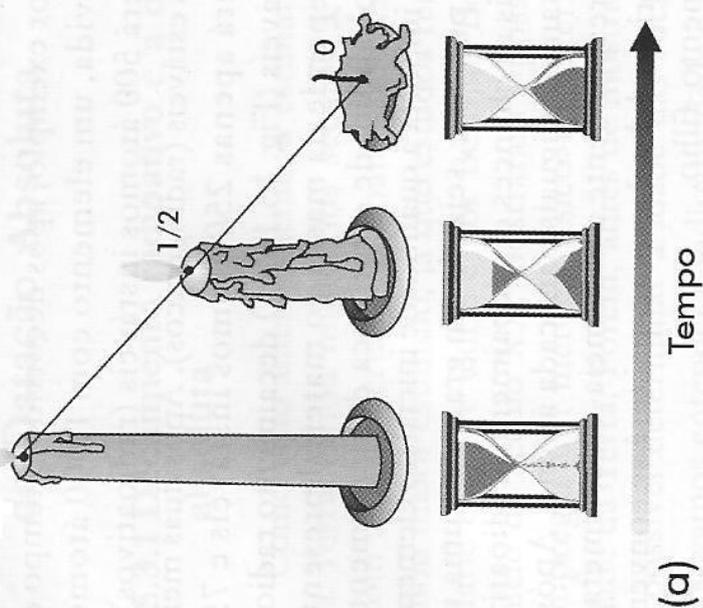
Entre 1862 e o início do século XX, William Thomson, denominado de Lord Kelvin (1842-1907), modelou uma datação para a Terra entre 25 e 400 milhões de anos com base na transferência de energia térmica de molécula em molécula do centro quente da Terra até a sua superfície. Seu modelo matemático convertia esse decaimento térmico em anos absolutos.

O “fim” da teoria de Kelvin com a descoberta da radioatividade: os princípios e métodos modernos da datação absoluta.

A comunidade científica em geral após a morte de Kelvin em 1907 revisava sua teoria e postulavam que Kelvin não considerava matematicamente o deslocamento de massas quentes pela convecção, como deve ser analisada em rochas. A sustentada transferência de energia térmica de “molécula em molécula” já não era mais aceita. Com a descoberta da radiação em 1896 por H.Becquerel, pôde-se entender muito sobre a geração de calor no centro da Terra a partir de emissões radioativas de fontes conhecidas.

Marie e Pierre Curie, bem como, Bertram Boltwood, todos no início do século XX, mostraram a possibilidade de empregar metodologias físicas na determinação absoluta da idade da Terra. Constataram que minerais e rochas (bem como toda a matéria) mantinham um padrão de **decaimento radioativo** no núcleo de seus átomos. Esse padrão deram o nome de **constante de desintegração**. Esse decaimento ocorre em uma escala de tempo. Nesse sentido, as taxas percentuais de decaimento ao longo do tempo foram definidas como **tempo de meia-vida**.

Usa-se o conceito de meia-vida para expressar por convenção, as taxas de decaimento radiativo, ou seja, o tempo decorrido para que a metade da quantidade original de átomos instáveis (átomos do “elemento-pai”) se transforme em átomos estáveis (átomos do “elemento-filho”). O decaimento radioativo e o conceito de meia vida podem ser entendidos por analogia ao fenômeno de queima de uma vela:



Decaimento radioativo e o conceito de meia-vida. a) A meia-vida de uma vela corresponde, rigorosamente, ao tempo necessário para queimar a metade dela porque a queima depende, diretamente, do número de átomos presentes na vela. b) No decaimento radioativo o processo é diferente, envolvendo a estabilidade dos núcleos dos átomos, independentemente da massa presente. Na curva de decaimento radioativo, cada unidade de tempo equivale a uma meia-vida, que representa o tempo necessário para que metade dos átomos do elemento-pai (radioativo) se transforme em átomos do elemento-filho (radiogênico).

APÊNDICE

Gould, S.J. 1991. *Seta do Tempo Ciclo do Tempo, mito e metáfora na descoberta do Tempo Geológico*, Ed. Companhia das Letras, São Paulo 221p.

2

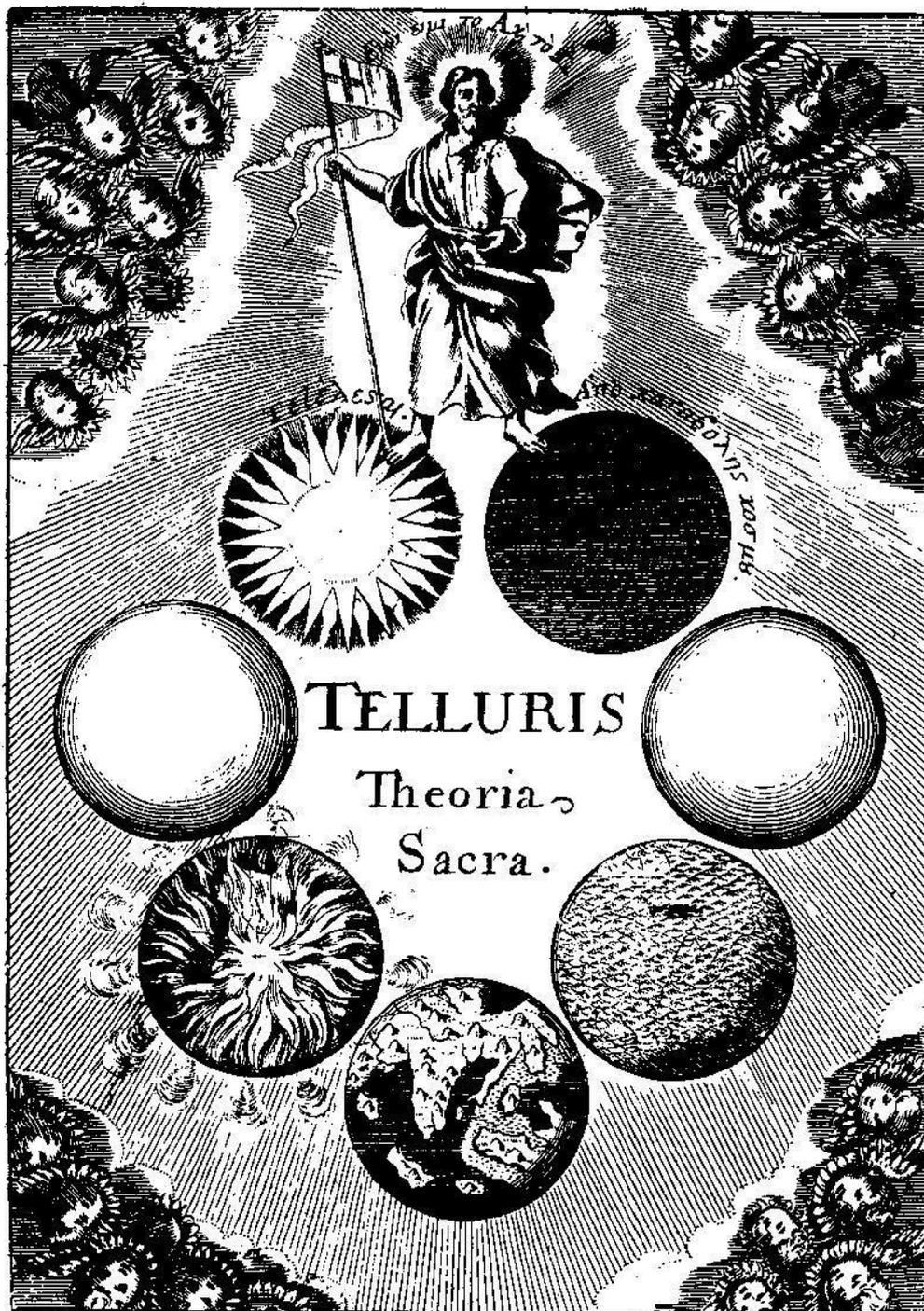
THOMAS BURNET E O CAMPO DE BATALHA DO TEMPO

O FRONTISPÍCIO DE BURNET

O frontispício de *Telluris theoria sacra* [A teoria sagrada da Terra], de Thomas Burnet, talvez seja o epítome mais preciso e abrangente jamais apresentado em forma pictórica — pois expõe não só o conteúdo da narrativa de Burnet como também seu próprio debate interior a respeito da natureza do tempo e da história (Figura 2.1).

Abaixo da obrigatória margem de querubins (no século barroco de Burnet), vemos Jesus em pé sobre um círculo de globos, seu pé esquerdo no princípio, seu pé direito na culminação da história de nosso planeta. Em cima de sua cabeça lê-se a famosa frase do livro do *Apocalipse*: Eu sou o Alfa e o Ômega (o princípio e o fim, o primeiro e o último). Seguindo as convenções da corporação dos relojoeiros e da escatologia (com os dias tenebrosos, anteriores à salvação, do lado esquerdo, ou sinistro, da divindade), a história move-se no sentido horário, da meia-noite ao meio-dia.

Vemos em primeiro lugar (só o pé de Cristo) a Terra caótica original, “sem forma e vazia”, uma mixórdia de partículas e trevas pairando sobre a face do abismo. Em seguida, acompanhando a resolução do caos em uma série de camadas homogêneas concêntricas, observamos a Terra perfeita do paraíso primordial do Éden, um globo liso e sem particularidades. Mas o dilúvio chega justamente em tempo para castigar nossos pecados, e a Terra em seguida é consumida por uma grande inundação (a pequenina figura logo acima do centro é, de fato, a arca de Noé vagando sobre as ondas). As águas recuam, deixando atrás de si a crosta rachada da nossa Terra de hoje, “um monte alquebrado e confuso de corpos”.



2.1 O frontispício da primeira edição de *Telluris theoria sacra* [cred theory of the Earth = Teoria sagrada da Terra] de *Thomas Burnet*.

ESTUDO DIRIGIDO- Analise e responda em dupla.

1. A leitura do “livro das rochas” é complexa em função de sua natureza de registros incompletos, descontínuos, superpostos e repetitivos ao longo da história geológica do planeta. Nesse sentido, comente sobre os dois grandes acontecimentos na história da civilização humana responsáveis por consolidar a Geologia como uma ciência.
2. A natureza dogmática, cultural e política das sociedades sustentavam o paradigma de que a Terra era o resultado de uma recente criação perfeita em uma escala de tempo geologicamente recente, medida em milhares de anos. Consideram-se as principais e com fundamento histórico o **Judaísmo pré-cristão, a Idade Média e a Renascença**. Resuma suas principais idéias.
3. Qual o verdadeiro nome de Steno? Em que obra e quais os três princípios publicados na mesma envolvendo a organização das seqüências sedimentares?
4. Por volta do século XVIII, (entre 1750 e 1760), Giovanni Arduino (1713-1795) estudioso das rochas dos Alpes da Itália, Lehmann (1719-1767) na Alemanha e Desnoyers a *posteriori* em 1829 na Bacia de Paris, classificaram globalmente as rochas sob determinada lógica de ordenação. Explique.
5. O que tem haver o Netunismo de Werner e o Plutonismo de Hutton sobre o comportamento intrusivo e não precipitado das rochas graníticas da litosfera?
6. Quais os padrões atuais de discordância aceitos pela geologia moderna e nascido das observações de Hutton no afloramento de *Siccar Point*, Escócia ?
7. Qual a importância das “relações entrecortantes” de Hutton para a atual geologia?
8. Resuma o pensamento de Charles Lyell comentando suas principais falhas e contribuições.
9. O que significa **correlação fossilífera ou bioestratigráfica e a sucessão biótica ?**
10. Como Darwin e Kelvin trataram a idéia de tempo absoluto da Terra?
11. Quais os princípios e métodos modernos da datação absoluta das rochas?