

GEOTECTÔNICA TECTÔNICA GLOBAL

Prof. Eduardo Salamuni

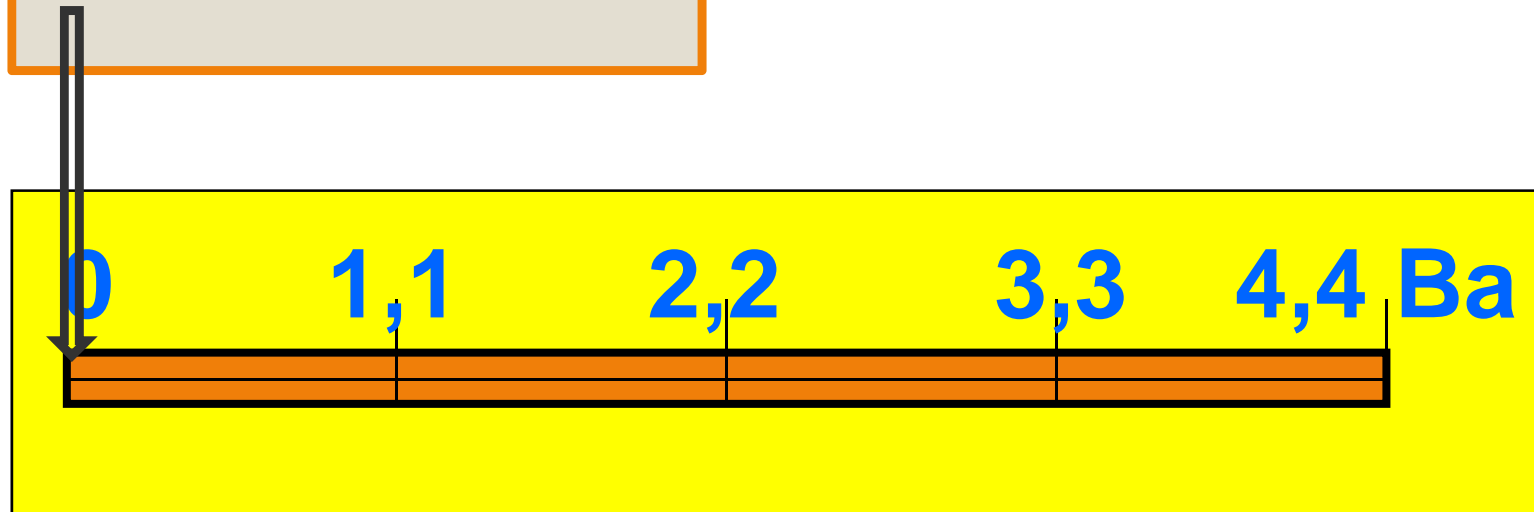
AULA 1: TEMPO e HISTÓRIA

REFLEXÕES SOBRE O TEMPO

1. Introdução

- O Tempo Geológico, ou o Tempo Profundo, apresenta escala astronômica (bilhão de anos). Utiliza-se para sua contagem Eras e Períodos cujo Tempo se mede em milhões de anos.
- Na comparação entre a escala de tempo humana e geológica percebe-se que todo o tempo da civilização humana é quase irrelevante em relação ao Tempo Geológico (Tempo Profundo).

Tempo de existência
dos hominídeos



- Se a linha for considerada uma escala de Tempo, o tempo da civilização humana (cerca de 10.000 anos) será um ponto imperceptível, em relação à idade da Terra (cerca de 4,5 Ga).

2. Um Debate

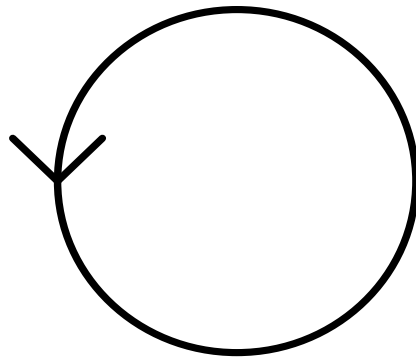
- Há um debate entre filósofos, historiadores e geocientistas a respeito da evolução do Tempo.
- Alguns acreditam que o Tempo avança como uma linha contínua, sem interrupção e sem desvios. Esta hipótese é chamada de seta (ou flecha) do Tempo.



- Uma "flecha", quando lançada, não retorna ao seu ponto de origem.

- Outros acreditam que o Tempo se processa em ciclos: o que ocorreu em tempos passados poderá ocorrer em tempos futuros. A hipótese denomina-se Ciclo do Tempo.

Ciclo do Tempo

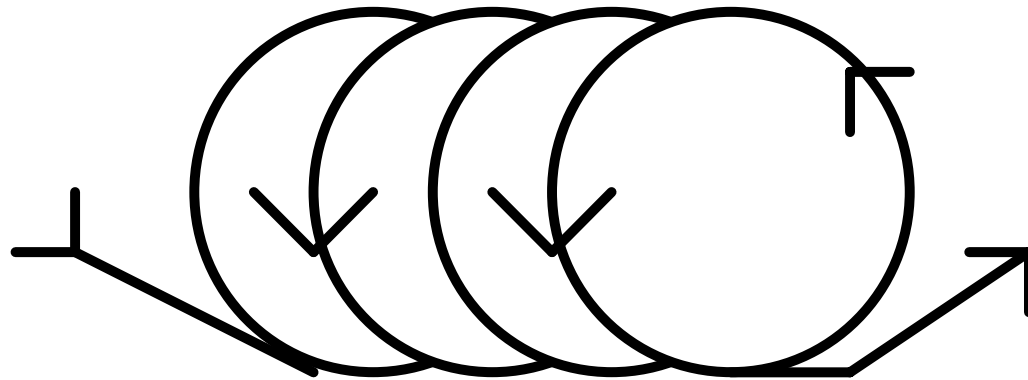


- Por exemplo (a) Ciclo de Melankovitch (b) passagem próxima da Terra ao centro da galáxia (ciclos cosmogênicos)

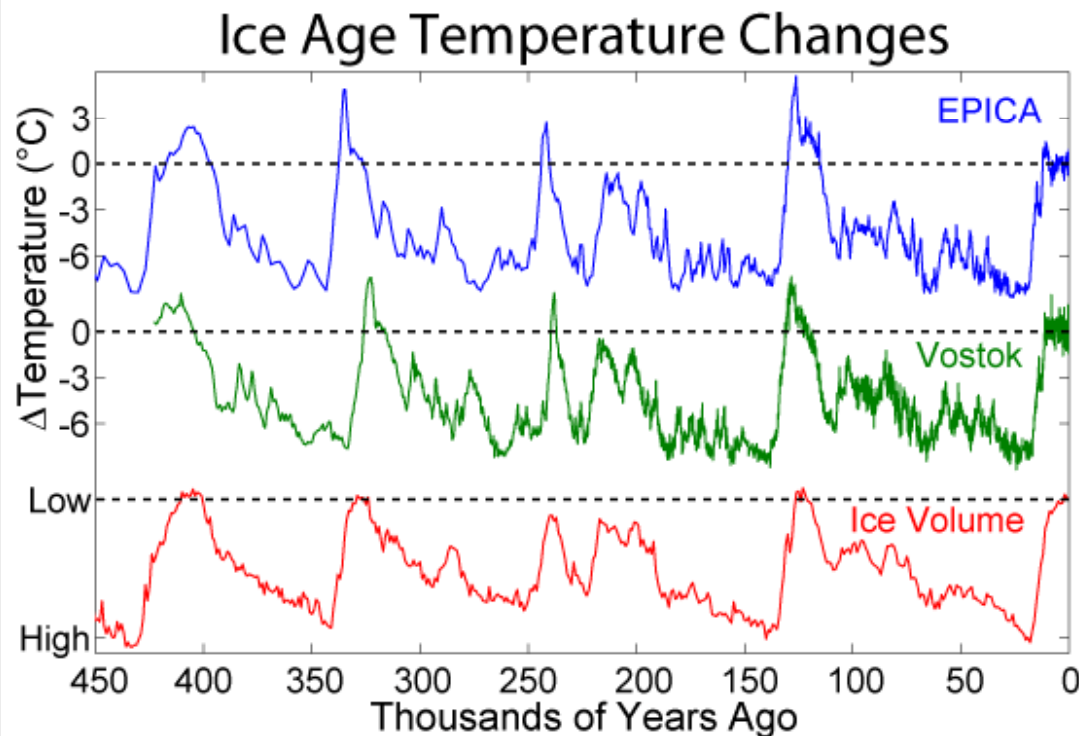
- O Ciclo do Tempo é uma concepção filosófica mais antiga, que não previa ou admitia a evolução.
- A Flecha do Tempo prevê uma evolução do Universo, sem retorno ao seu ponto de origem.
- É necessário refletir: admitir a existência sem evolução é uma temeridade pois seria admitir a não causalidade para as coisas. Mas também negar alguma ciclicidade nestas causas parece um erro, visto que muitos fenômenos astronômicos e geológico são parcialmente cíclicos.
- Por exemplo: a Teoria da Relatividade demonstra que o Tempo, como entidade física pode ser curvo, prevendo a dimensão do espaço-tempo.

- Talvez a melhor “figura” que represente a evolução do Tempo seja uma espiral onde há evolução e relativa ciclicidade ao mesmo tempo.

"Espiral do Tempo"



- Para uma boa análise sobre esta questão é importante considerar o Ciclo de Milankovitch (ciclo de **41.000** anos da inclinação do eixo da Terra em relação ao Sol). Situação que pode alterar drasticamente o clima no Planeta. Ver gráfico abaixo



Variações de temperaturas médias desde 450.000 anos atrás (à esquerda) até o presente (à direita), na Antártida (azul e verde). O gráfico inferior (vermelho) mostra variações no volume de gelo. Nota-se certa regularidade nas oscilações climáticas.

Fonte: 'Global Warming Art'.

3. A Escala Geológica do Tempo

- A Escala Geológica clássica representa
 - **Eons** (Fanerozóico, Proterozóico, Arqueano e Hadeano)
 - **Eras** (Cenozóico, Mesozóico, Paleozóico, Proterozóico, Arqueano)
 - **Períodos** (Quaternário, Terciário, Cretáceo, Jurássico, Triássico, Permiano, Carbonífero, Devoniano, Siluriano, Ordoviciano, Cambriano, Pre-Cambriano).

EON	ERA	PERÍODO	ÉPOCA	Milhões de anos	EVOLUÇÃO BIOLÓGICA	GLACIAÇÕES	OROGÊNESE	PALEOGEOGRAFIA
CENOZOÍICO		Quaternário	Holocénico	,01	Faunas e floras actuais Primeiras manifestações de arte Sepulturas mais antigas	[Barra azul]	[Barra azul]	
			Plistocénico		Extinção dos mastodontes e dinotérios			
		Neogénico	Pliocénico	1,8	Aparecimento dos bois, cavalos e veados Primeiros utensílios de pedra			
			Miocénico	5,3	Aparecimento dos homínidos			
				Oligocénico	23,8			
		Paleogénico	Eocénico	34,6	Primeiros proboscídeos Primeiros roedores Primeiros equídeos			
			Paleocénico	56	Diversificação rápida dos mamíferos Primeiros primatas			
						Orogenia alpina	Elevação dos Himalaias Ligação das duas Américas Fecho e dessecação do Mediterrâneo Separação da Austrália da Antártida Elevação dos Pirinéus Conclusão da abertura do Atlântico Norte Constituição do Continente Norte-Atlântico	

História Terra

Fonte: João Pais, Centro de Estudos Geológicos (UNL-Portugal)

EON	ERA	PERÍODO	ÉPOCA	Milhões de anos	EVOLUÇÃO BIOLÓGICA	GLACIAÇÕES	OROGÊNESE	PALEOGEOGRAFIA
FANEROZOICO	MESOZOICO	Cretácico		65	Últimos rudistas, amonites, belemnites, dinossauros, etc. Metatérios e eutérios diversificados			Abertura do Atlântico Sul
		Jurássico		145	Primeiras angiospérmicas Primeiros rudistas			Abertura do golfo da Gasconha
		Triásico		208	Primeiros teleosteos Aparecimento dos prototérios e térios Expansão das amonites Primeiras aves Répteis mamalianos			Afastamento da Laurásia de Gondwana Separação da Austrália+Antártida e da Índia de Gondwana
	PALEOZOICO	Pérmico		245	Primeiros dinossauros (saurisquianos e omitsquianos) Aparecimento dos hexacoralários Extinção dos trilobites, tetracoralários, goniatites, etc. Aparecimento dos holósteos			Início da fragmentação da Pangeia Acumulação dos "New red sandstones" Constituição da Pangeia
		Carbonífero		290	Aparecimento dos répteis			
		Devónico		363	Últimos graptolitos Aparecimento dos anfíbios Primeiras gimnospérmicas Primeiros amonoides			
		Silúrico		409	Últimos graptolóides Primeiras plantas e animais terrestres Primeiros peixes			
		Ordovício		439	Primeiros nautilóides			
		Câmbrico		510	Primeiros graptolitos Primeiros agnatas			
		Vendiano		544	Primeiros metazoários com esqueleto externo (trilobites, braquiópodes, equinodermes, moluscos, etc.) Fauna de Ediacara Reprodução sexuada			
PROTEROZOICO	Sturiano		1000					
			1400	Primeiros depósitos de carvão (algas)				
			1800	Oxigénio livre na atmosfera				
			2000	Aparecimento de organismos eucariotas				
ARCAICO			2500	Instalação do grande filão do Zimbábwe Organismos fotossintéticos				
			3100	Primeiros microrganismos (bactérias, cianobactérias)				
HADAICO			3500	Primeiros vestígios de vida (estromatólitos)				
			4000	Final do bombardeamento meteórico e constituição das planícies lunares				
			4600	Formação da Terra				

História Terra

Fonte: João Pais, Centro de Estudos Geológicos (UNL-Portugal)

GEOTECTÔNICA E SUA PERSPECTIVA HISTÓRICA

- O estudo da Geotectônica, confunde-se com o desenvolvimento da própria Geologia e de seus diversos campos.
- É possível separar o estudo da Geotectônica em 4 etapas (Brito Neves, 1985)

1. Primeira Etapa

Individualização da Geotectônica (Pré-1850)

Período onde há trabalhos dispersos, mas foi quando Geologia se firma como ciência. Os principais autores que participaram desta etapa são:

- **Aristóteles** (civilização Helênica) considera a formação de montanhas através de fortes ventos subterrâneos.
- **Plínio, o Velho** (primeiros anos da era Cristã) dedica os últimos 5 volumes de sua obra ao estudo mineralógico.
- **Avicena** (979-1073) procurou explicar a origem das montanhas discordando de Aristóteles.
- **Leonardo Da Vinci** (1452-1519) explica a origem dos fósseis corretamente, levando em conta o "Dilúvio".

- **Geórgio Agrícola** (1494-1555) escreve "*De Re Metallica*" sobre técnicas de mineração e metalurgia. Escreveu também "De Natura Fossilium" sobre mineralogia
- **Francis Bacon** (1620) primeiras referências a movimentos horizontais dos continentes.
- **W.G Leibniz** (1646-1716) escreveu "*Protogae*" sobre a origem da Terra
- **Giovanni Arduíno** (1714-1795) dá novo impulso à estratigrafia ao definir os terrenos em "primário, secundário, terciário e alúvio".
- **Thomas Burnet** (séc. 18) aceitou a concepção puramente teológica para caracterizar a formação do planeta.

- **Leopoldo Von Buch** (1824) analisou fenômenos geotectônicos tais como o aparecimento de montanhas e continentes.
- **C.F. Naumann** (1850) criou o termo Geotectônica (Geotektonik = Geo + Tectonicke = Terra + Edificação).
- Em fins do século XIX os traços gerais da morfologia da superfície dos continentes já eram conhecidos.
- Em relação às áreas oceânicas, as investigações começaram com a expedição inglesa Challenger (1872-1876), quando então o relevo submarino começou a ser delineado.

- Há quatro grandes vultos pioneiros da ciência geológica até o meados do Século XIX:
 - **Nicolau Steno** (1638) – Prodomus de uma dissertação: *“Sobre um sólido contido naturalmente num sólido”*...Estabeleceu as bases da geologia moderna e organizou os primeiros conceitos de Geologia Estrutural, discorrendo a respeito dos agentes de deformação e surgimento das rochas
 - **James Hutton** (1795) aprimorou na Escócia as bases do plutonismo e publicou a notável obra *“A Teoria da Terra”*, que fala dos ciclos orogênicos pela observação das discordâncias
 - **Abraham Werner** (Alemanha, 1749-1815) formula as bases do netunismo
 - **Charles Lyell** (Inglaterra, 1833) cria as bases do atualismo e é considerado o "Pai" Geologia, escreveu *“Princípios de Geologia”*, obra que inaugura a ciência geológica moderna.

- O debate travado durante os séculos 18 e 19 entre os **netunistas X plutonistas** (ou **catastrofistas X atualistas**) envolveram questões geotectônicas que deram base às modernas teorias que explicam a Terra do ponto de vista geológico.

2. Segunda Etapa

Consolidação da "escolas" Americana e Européia (1850-1900/1910)

São "escolas" de pensamentos divergentes a respeito da Geotectônica (européia X americana). Alguns autores importantes desta etapa foram:

Eloi de Beaumont (1852) lança a primeira teoria de Tectônica Global: teoria da contração ("a Terra é rígida e está contraindo"). Foi o precursor do "fixismo".

Edvard Suess (1875 a 1916) considerado o divisor natural do conhecimento sobre a Geotectônica. Contestou a teoria da contração e foi o precursor do "mobilismo" na Europa, com sua obra de síntese "***A Face da Terra***".

James Hall e J.Dana lançaram na América, o conceito de ***Geossinclinal*** (de forma concomitante) ao estudar os Apalaches (nordeste americano).

E. Haug (1898-1900): disseminou pela Europa o conceito de Geossinclinal, pouco diferente dos conceitos americanos.

Suess contesta o trabalho de Hall e Dana, afirmando que não é aplicável na maioria dos casos. Não acreditava que esta teoria sozinha explicasse vários processos de deformação observados.

Estava criado o principal debate geológico do Século XX:

mobelistas X fixistas

3. Terceira Etapa

O debate entre **Fixistas** e **Mobilistas** (1900/1910-1960)

Este período foi marcado pelo estreitamento das posições divergentes entre "Fixistas" e "Mobilistas".

Fixismo: escola fundamentada na concepção da teoria Geossinclinal. Também é chamada de escola verticalista. Na América os principais defensores são Hall, Dana, Le Conte, Schuchert, Kay; na Europa Hang, Kober, Stille, Auboin, Belousov, Muratou, Khain e, na Ásia, Huang.

Mobilismo: escola fundamentada em movimentação horizontal. Seu precursor foi Suess.

Os principais autores que contribuíram para o pensamento mobilista foram A. Wegener, Ampferer, F. B. Taylor, E. Argand, Lugeon, enquanto que defensores importantes foram Staub, Calvi e Holmes (Europa) Daly (América do Norte) Du Toit (África do Sul).

Neste momento do desenvolvimento da ciência geológica surge a Teoria da Deriva Continental (Wegener).

A Teoria Geossinclinal predominou sobre a Teoria da Deriva Continental até meados da década de 70, constituindo-se no primeiro grande paradigma da Geologia.

Como fato pitoresco deste período registra-se as discussões acaloradas em Congressos e simpósios, quando ambas as partes tentavam ridicularizar a outra através, inclusive, de ironias pessoais.

A Teoria Geossinclinal foi tentativamente aplicada em várias regiões do mundo, mas não conseguia explicar claramente muitos dos fenômenos existentes. Estes problemas, juntamente com o avanço tecnológico empregado na Geologia provocou o ressurgimento das teorias mobilistas no início da década de 60.

4. Quarta Etapa

A revolução dos anos 60

O conceito de Tectônica de Placas foi desenvolvido devido à conjunção multidisciplinar de contribuições científicas: J.T. Wilson considerou-o uma revolução comparável àquela introduzida por Darwin na Biologia.

Desde então o conceito de Tectônica de Placas tem defrontado com excessos, parcialidades, antagonismo e radicalismos.

Nasce, desta forma, um novo paradigma na ciência geológica, que leva o nome de Nova Tectônica Global.

Os principais autores e suas contribuições são citados a seguir

Suess ao publicar sua obra "***A Face da Terra***" (1883) reconheceu os movimentos horizontais como formadores das feições globais mais importantes.

Bertrand (1884) introduziu o conceito de "nappes" para explicar a formação dos Alpes;

Ampferer (1906), observando o mergulho de plataformas sob cinturões orogênicos, considerou a existência de correntes subcrustais capazes de produzir tal estrutura;

Wegener (1912) considerou as massas continentais flutuando sobre o *sima* e reuniu dados geológicos, geográficos, paleontológicos, biológicos e climáticos que viriam a comprovar a hipótese do Pangea fragmentando-se nos continentes Gondwana, Laurentia e Laurásia, dos quais teriam resultado os atuais continentes (**Hipótese da Deriva dos Continentes**).

Argand (1916) considerou que no Mesozóico/Cenozóico o Oceano Tethys se fechou levando a choque de continentes, que resultaram cadeias orogênicas como a Alpina-Himalaiana, além da formação de várias estruturas na Europa e Ásia ("*plis-de-fond*" e falhas associadas). Considerou que o geossinclinal se formaria por extensão, adelgaçando a crosta (*sial*) e chegando à ruptura, expondo o *sima* e abrindo um mar ou oceano;

Wadati (1928) reconheceu a concentração de hipocentros sísmicos em faixas inclinadas, a partir das fossas oceânicas, podendo descer até 100-200 Km de profundidade, apresentando relações com vulcões e fossas oceânicas.

Holmes (1929) aventou a existência de correntes de convecção no manto, impondo movimentos horizontais e verticais, produzindo dorsais oceânicas em zonas ascendentes e fossas oceânicas ou faixas orogênicas em zonas descendentes.

Até o início da década de 40 (Século XX), várias interpretações importantes já haviam sido apresentadas, tais como:

- a distensão crustal levaria à abertura de oceanos
- as zonas sísmicas mais importantes teriam relação com as fossas submarinas e os arcos insulares
- os continentes atuais teriam resultado da fragmentação de um megacontinente
- as dorsais oceânicas e os arcos insulares representariam orógenos jovens na história do planeta
- as grandes faixas orogênicas teriam resultado de choque ou arrasto de continentes
- as correntes de convecção poderiam ser os motores de grandes movimentos horizontais