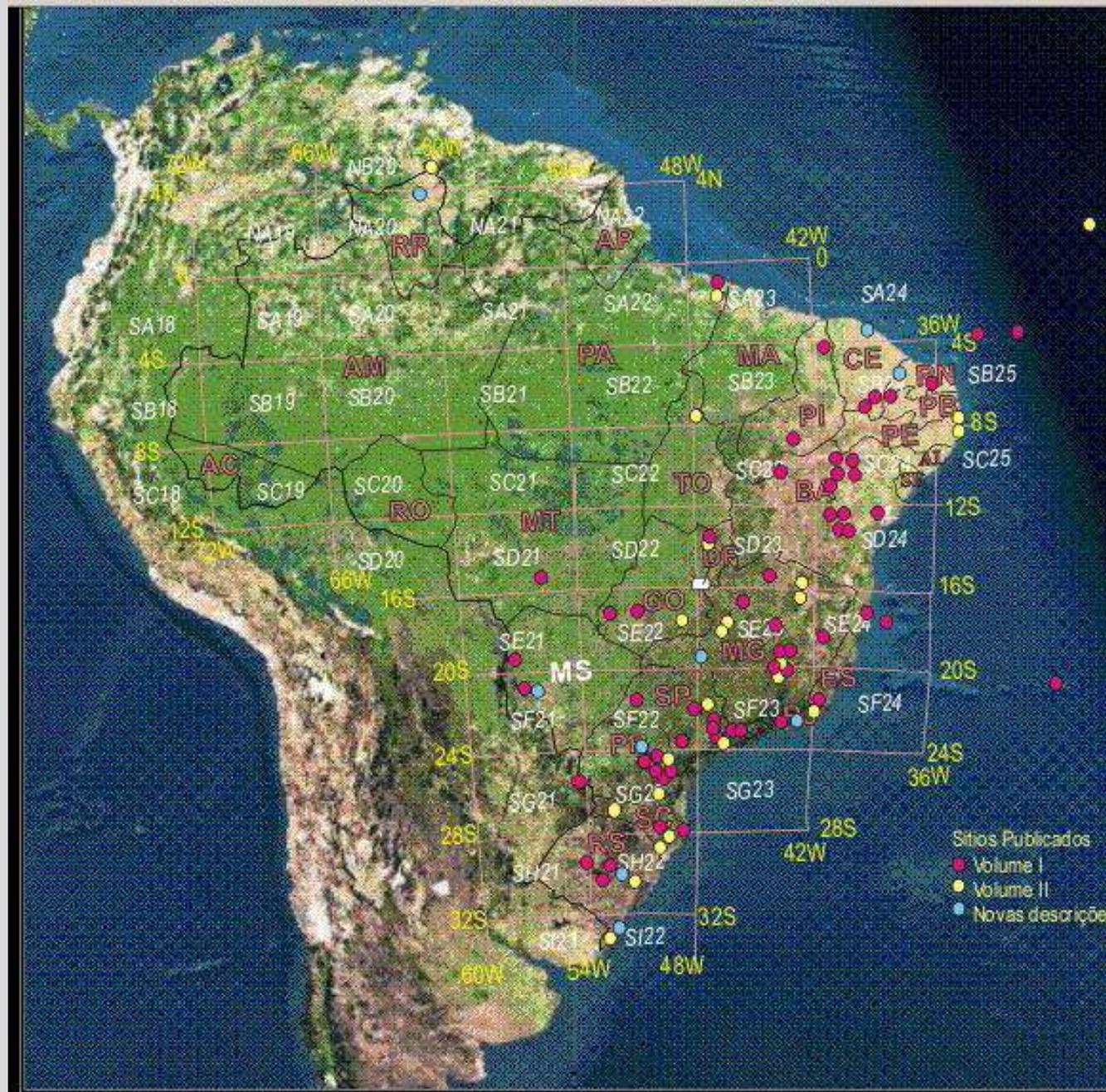


Noções de paleontologia e paleogeografia

Prof. Antonio Liccardo
DEGEO - UEPG

Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil

SIGEP



paleontologia

- Vida na Terra (3.8 bilhões de anos)
- **Fósseis: restos e evidências de atividade orgânica preservada em rochas**
- Rochas sedimentares e com mais de **13.000** anos

arqueologia



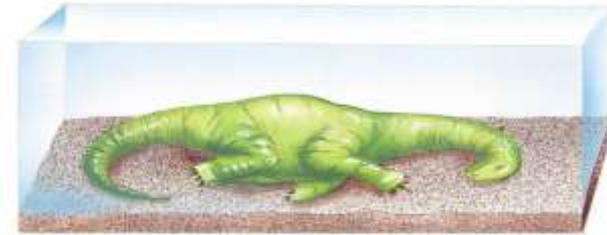
Como se formam os fósseis?

Conjunto preciso de condições ambientais

Níveis de oxigênio muito baixos evitam decomposição

Soterramento rápido – fluxo de sedimentos

Um exemplo de fossilização



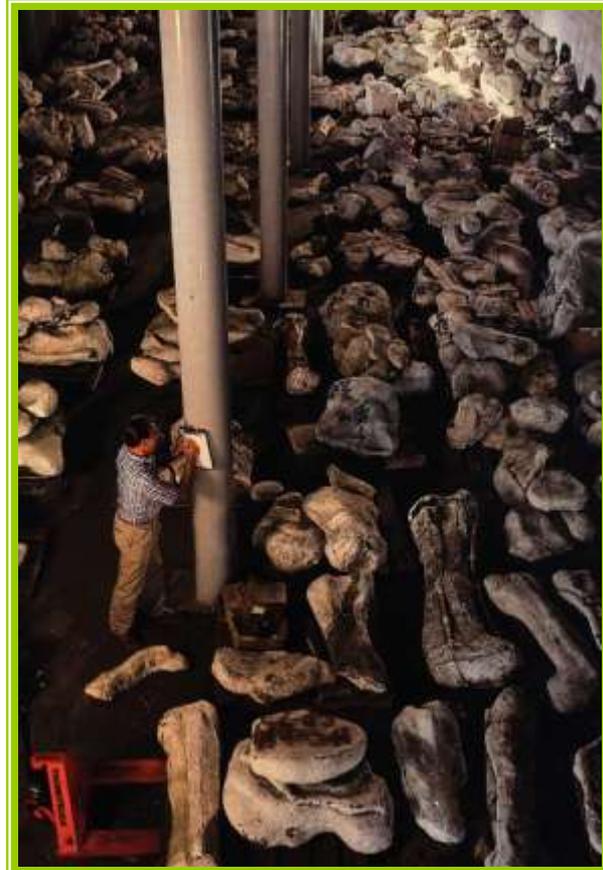
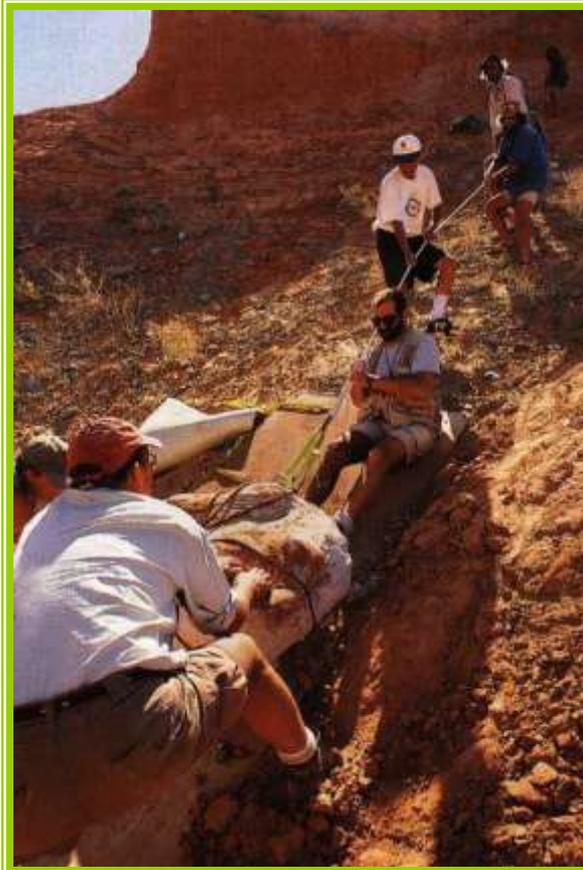
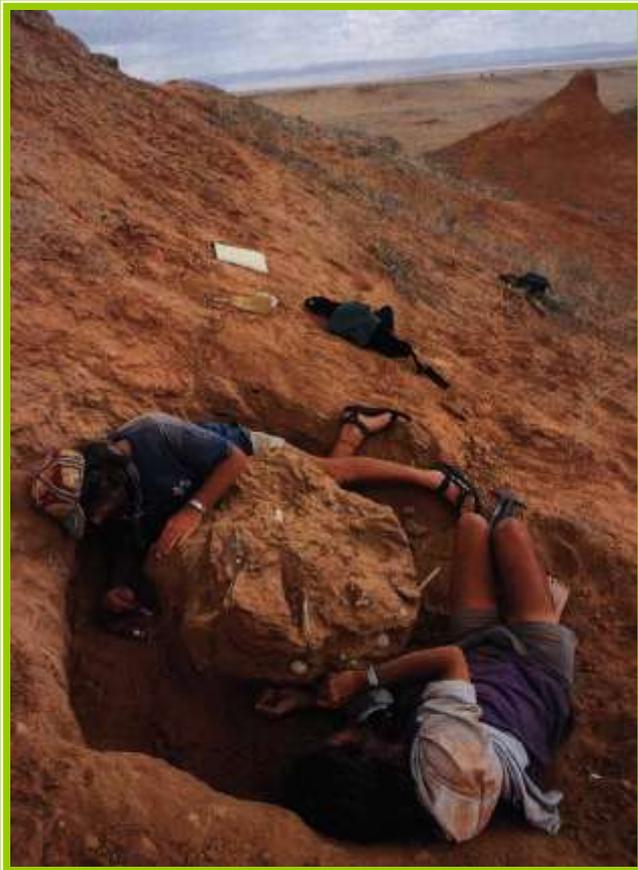
Qual a importância da Paleontologia?

- **Datação relativa** da Terra com base nos fósseis.
- **Smith** (1815) foi o primeiro pesquisador a reconhecer a importância dos fósseis para caracterizar as unidades estratigráficas e com este recurso elaborou o primeiro mapa geológico da Inglaterra.
- Mesmo antes do advento do **evolucionismo**, marcado pela publicação em 1859 de *A origem das espécies* de Darwin, épocas geológicas foram marcadas pela presença de distintas **paleofaunas e paleofloras**.
- Reconstrução de paleoambientes da Terra (**paleogeografia**) para comparação aos modelos atuais de extinção das espécies.
- **Micropaleontologia** é uma grande ferramenta na prospecção do petróleo.

Métodos de trabalho: transporte e reserva

Coletar fósseis pode ser a parte mais fácil; prepará-los e estudá-los pode demorar anos.

Na Brigham Young University, em Provo, Utah (EUA), uma centena de toneladas de fósseis não estudados encontra-se guardada sob o estádio de futebol.

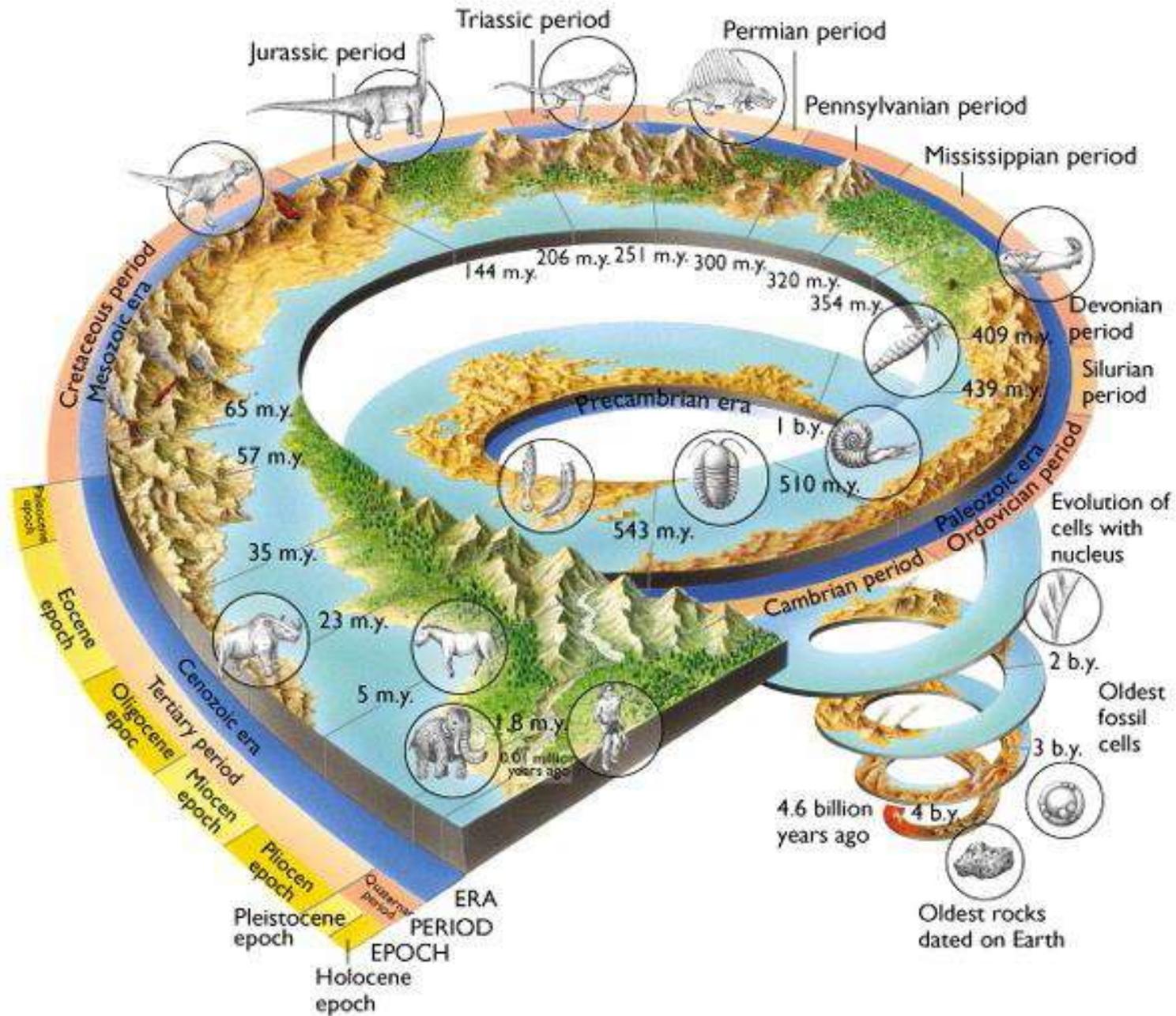


Tempo Geológico

- Geocronologia – método *relativo* (superposição) ou *absoluto* (*datações* radiométricas)
- Antes das datações radiométricas das rochas o TG era dividido em eras, períodos, épocas e idades.

Eras Geológicas

“No éon Fanerozóico: são definidas por suas faunas fossilizadas distintas. Os limites entre elas são marcados por **episódios importantes de extinção** ou pela diversificação dos principais grupos de animais.” (Futuyma, 1992)



HISTÓRIA DA TERRA

JOÃO PAIS
CENTRO DE ESTUDOS GEOLÓGICOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA (UNL)
QUINTA DA TORRE, 2825 MONTE DE CAPARICA

EON	ERA	PERÍODO	ÉPOCA	Milhões de anos	EVOLUÇÃO BIOLÓGICA	GLACIAÇÕES	OROGÊNESE	PALEOGEOGRAFIA	
FAIMERZOZÓICO	CENOZOÓICO	Quaternário	Holocénico	0,01	Faunas e floras actuais Primeiras manifestações de arte Sepulturas mais antigas				
			Plistocénico						
		Neogénico	Pliocénico	1,8	Extinção dos mastodontes e dinotérios Aparecimento dos bois, cavalos e veados Primeiros utensílios de pedra				
			Miocénico	5,3	Aparecimento dos homínidos				Elevação dos Himalaias Ligação das duas Américas Fecho e dessecação do Mediterrâneo
		Paleogénico	Oligocénico	23,8					
			Eocénico	34,6	Primeiros proboscídeos Primeiros roedores Primeiros equídeos				Separação da Austrália da Antártida Elevação dos Pirinéus Conclusão da abertura do Atlântico Norte
			Paleocénico	56	Diversificação rápida dos mamíferos Primeiros primatas				Constituição do Continente Norte-Atlântico
		Mesozóico	Cretácico	65	Últimos rudistas, amonites, belemnites, dinossauros, etc. Metatérios e eutérios diversificados				
			Jurássico	145	Primeiras angiospérmicas Primeiros rudistas				Abertura do Atlântico Sul Abertura do golfo da Gasconha Afastamento da Laurásia de Gondwana
	Triásico		208	Primeiros teleosteos Aparecimento dos prototérios e térios Expansão das amonites Primeiras aves Répteis em anáclinos				Separação da Austrália+Antártida e da Índia de Gondwana	
	Pérmico		245	Primeiros dinossauros (saurisquianos e ornitiscuianos) Aparecimento dos hexacoraliários Extinção dos trilobites, tetracoralários, goniatites, etc. Aparecimento dos holosteos				Início da fragmentação da Pangeia Acumulação dos "New red sandstones" Constituição da Pangeia	
	Carbonífero		290	Aparecimento dos répteis					
	Paleozóico	Devónico	363	Últimos graptolitos Aparecimento dos anfíbios Primeiras gimnospérmicas Primeiros anonoides					
		Silúrico	409	Últimos graptolóides Primeiras plantas e animais terrestres Primeiros peixes				Acumulação dos "Old red sandstones"	
		Ordovícico	439	Primeiros nautilóides				Fecho do Oceano Iapetus Constituição do Continente Norte-Atlântico	
		Câmbrico	510	Primeiros graptolitos Primeiros agnatas					
		Vendiano	544	Primeiros metazoários com esqueleto externo (trilobites, braquiópodes, equinodermes, moluscos, etc.) Fauna de Ediacara Reprodução sexuada				Abertura dos Oceanos Iapetus e Rheic Constituição da Avalónia	
PROTEROZOÓICO		1000							
		1400	Primeiros depósitos de carvão (algas)				Constituição do Continente Rodínia		
		1800	Oxigénio livre na atmosfera						
		2000	Aparecimento de organismos eucariotas						
ARCAICO		2500	Instalação do grande filão do Zimbábue 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						

Orogenia alpina

Orog. hercínica

Orogenia caledónica

Orogenia alacana

Orogenia hurónica

Dep. ferro bandado

Piriteir., uranite

TAFONOMIA

Estudo sistemático da **evolução de fósseis**, desde a morte dos indivíduos até a sua final incorporação e transformações dentro da rocha que os contém.

Grego

“Leis do Sepultamento”

tafos *nomos*

Sepultamento leis

“estudo das leis que governam a transição dos restos orgânicos da biosfera para a litosfera”

Efremov (1940)



O estudo tafonômico envolve dois momentos principais da evolução do fóssil

Bioestratonomia

Fossildiagênese

o primeiro momento é antecedente ao soterramento e designado **bioestratonomia**: refere-se à causalidade da morte do fóssil, à forma de decomposição e de preservação de partes duras e moles, ao seu transporte e deposição;

assim, o fóssil pode ter sido depositado *in situ* ou **transportado** por rios, correntes marinhas, etc.. sofrendo quebras e misturas com fósseis de outros ambientes, diferentemente da tendência de quando depositado *in situ*, no seu ambiente de vida;

Fossildiagênese

o segundo momento é relacionado aos processos diagenéticos e/ou deformacionais, como silicificação, piritização, carbonatação, deformações...

Divisões da Tafonomia

Bioestratinomia

MORTE → SOTERRAMENTO → COLETA

causa da morte, necrólise,
desarticulação, transporte e
soterramento final.

Diagênese dos fósseis

compactação, cimentação,
permineralização,
substituição...

Objetos de estudio

Vertebrados
Invertebrados
Vegetais



Metodologia de estudo

Seleção de tamanho

Orientação

Geometria

Termos sedimentológicos

Autóctone

Parautóctone

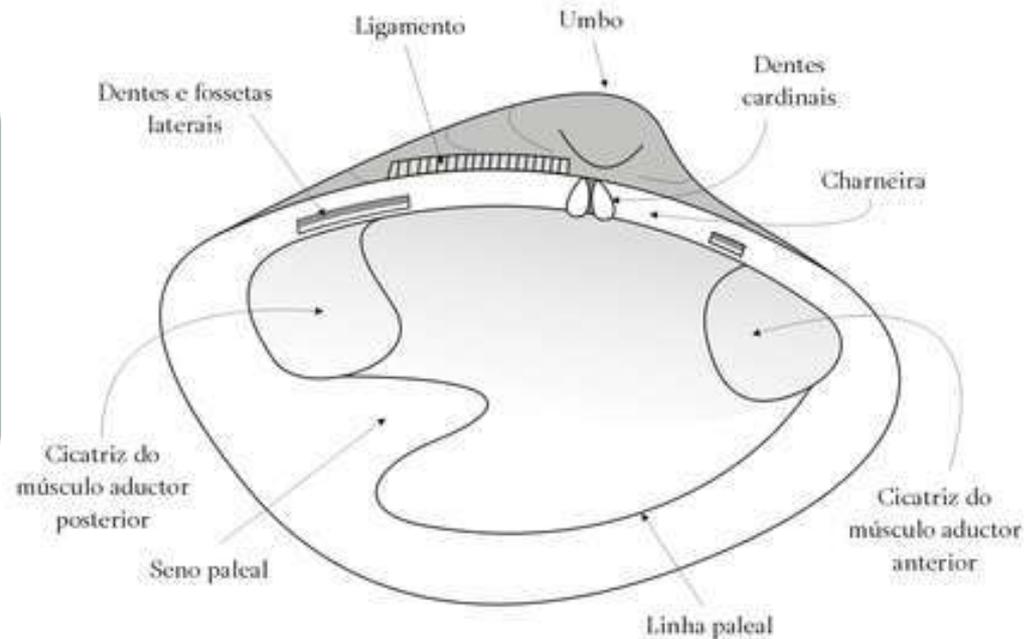
Alóctone

Área Fonte

Morfologia funcional

Atualismo

Modo de vida



ANÁLISE TAFONÔMICA BÁSICA

- 1) Morte**
- 2) Necrólise**
- 3) Desarticulação**
- 4) Transporte**
- 5) Soterramento final**
- 6) Diagênese**

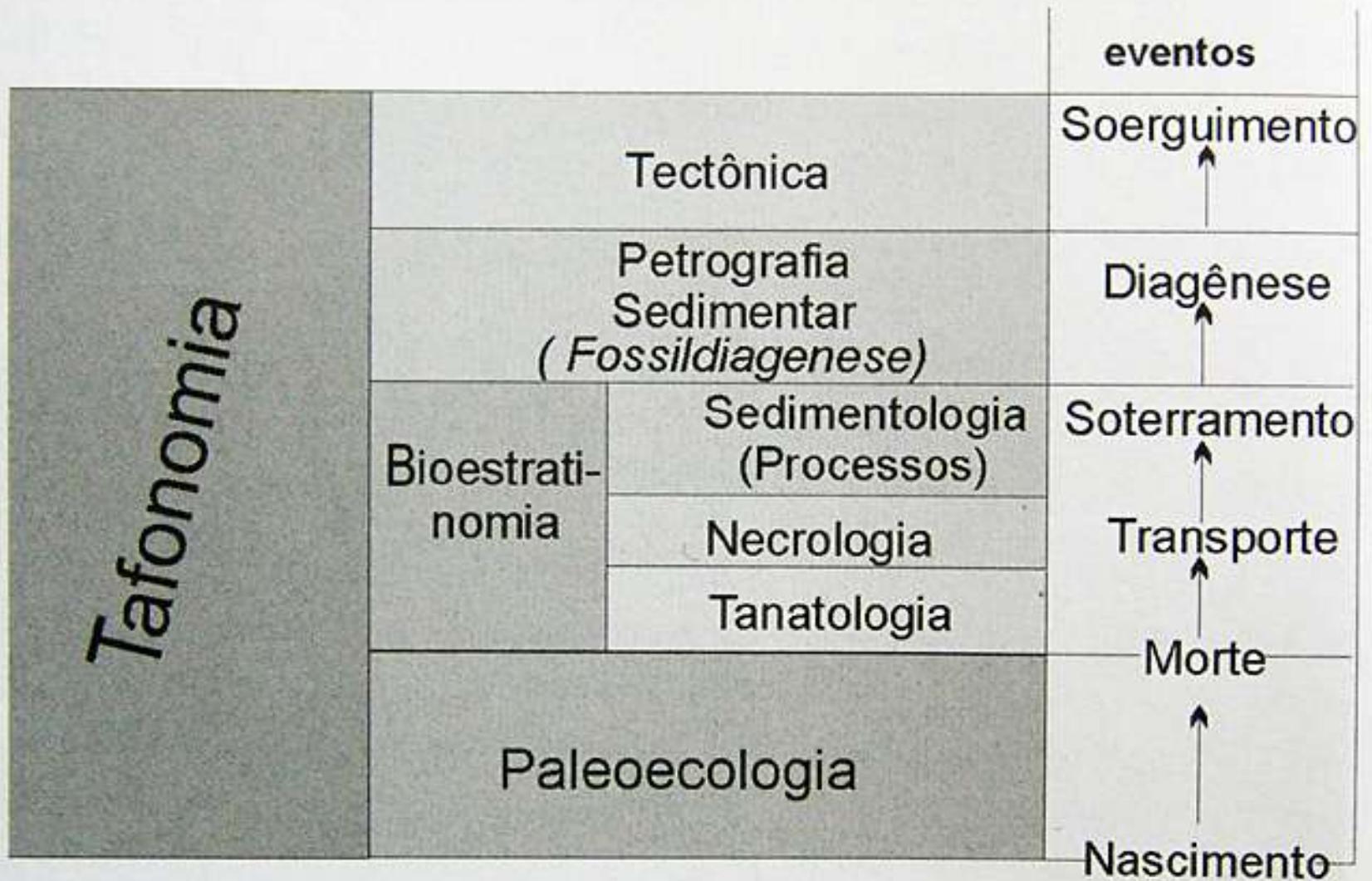


Figura 1 - Relação entre a tafonomia, suas subdivisões e os eventos responsáveis pela origem das concentrações fossilíferas (Simões e Holz, 2000).

1) MORTE

Tipos de Morte

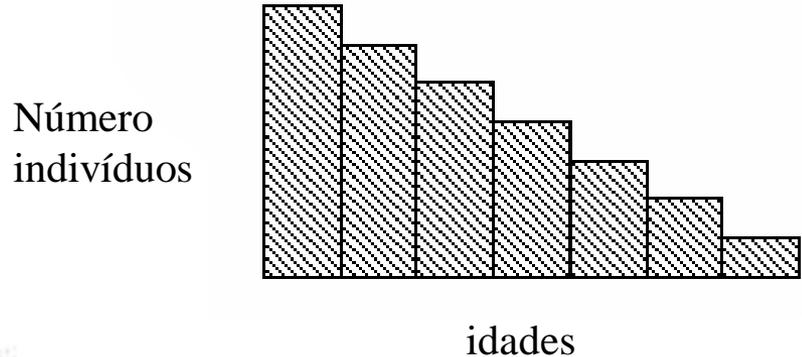
a) Seletiva

b) Catastrófica

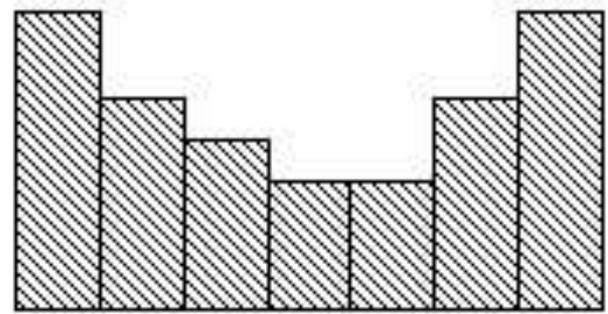
- faixas de idade na população (mais jovens e mais velhos)
- envelhecimento, doenças e predação.
- atinge grande parte da população indistintamente
- evento de grande magnitude (enchentes, tempestades, secas)



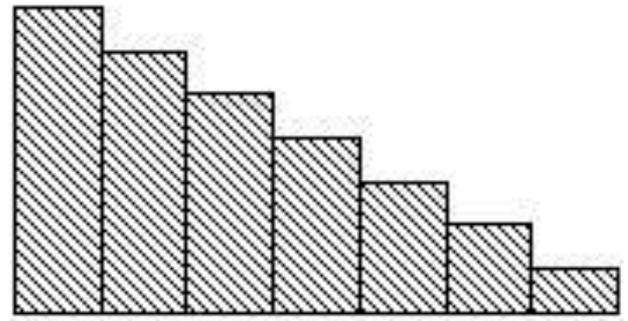
Estrutura populacional original (hipotética)



Morte Seletiva



Morte Catastrófica



2) NECRÓLISE

“Decomposição dos tecidos moles de conexão, após a morte de um organismo”



Presença de oxigênio

Velocidade de decaimento dos tecidos moles = Tempo que ele permanecerá articulado após a morte



3) DESARTICULAÇÃO

Depende da anatomia básica do organismo estudado





Período de exposição
na interface
água/sedimento
TAZ (Taphonomically
Active Zone)



< Energia

Soterramento rápido

Anóxia

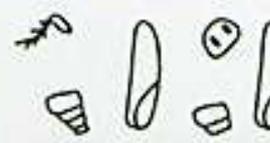
> **Articulação**



Pigídios de trilobitas, Ordoviciano (Canadá)

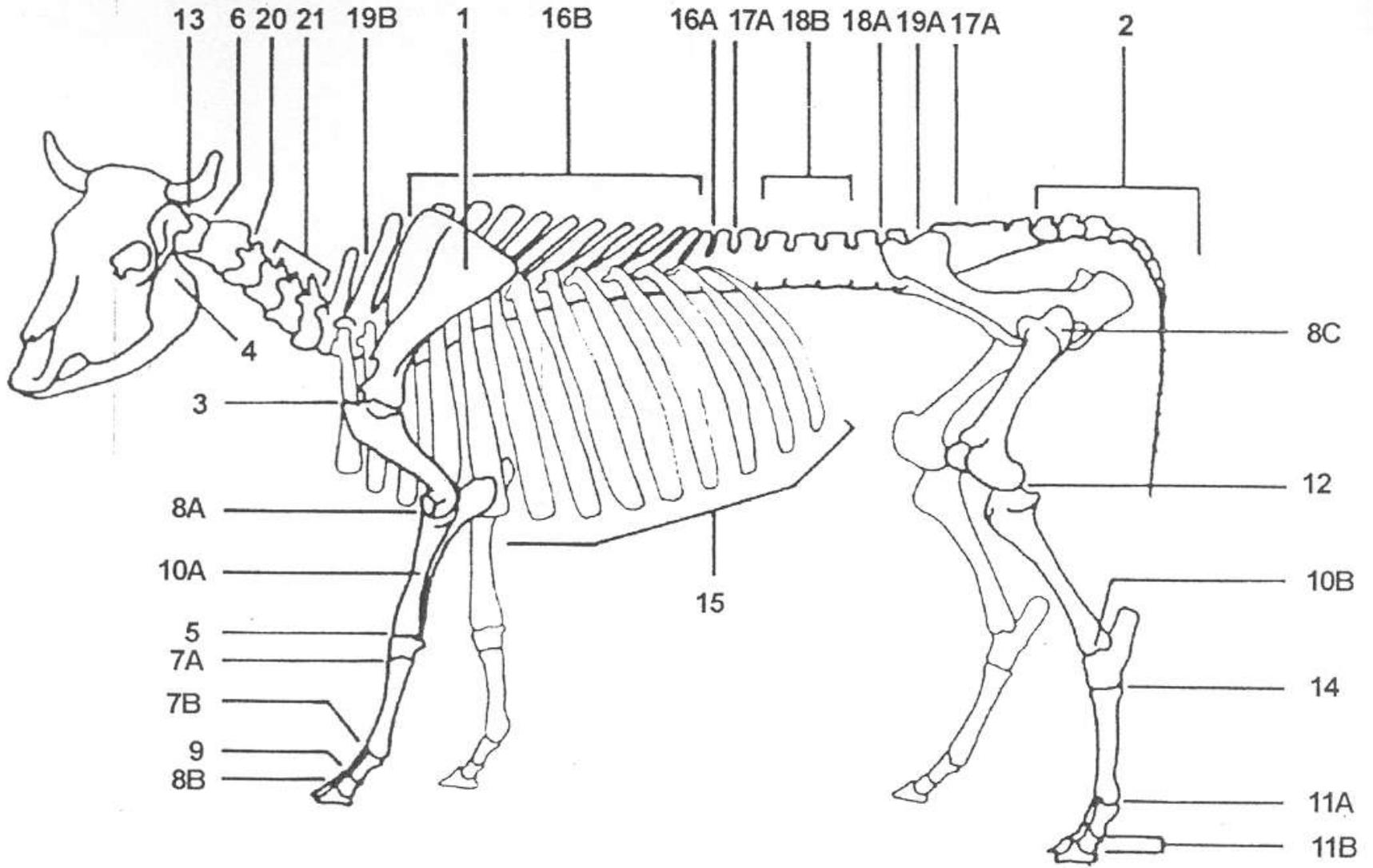


Exemplo de experimento realizado sobre a desarticulação de insetos

	Simulação 01	Simulação 02
Desarticulação das antenas		
Desarticulação das pernas		
Desarticulação do abdome		
Desarticulação da asa (tégmina)		
Desarticulação do pronoto		
Desarticulação total		

aprox. 20 dias

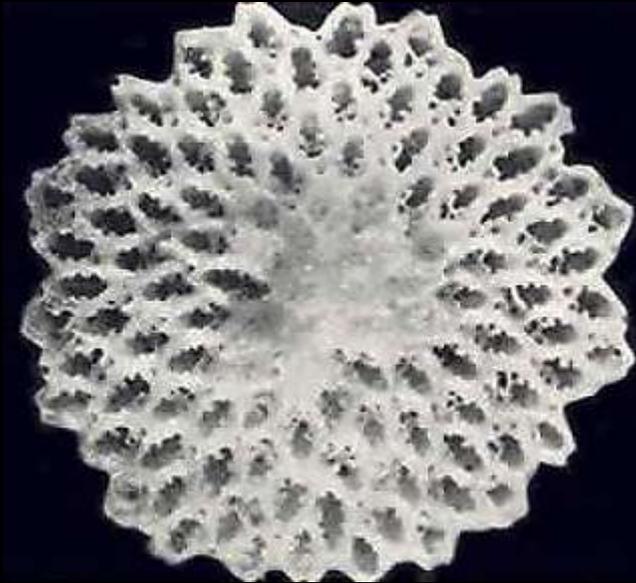
Figura 67 – Experimento de tafonomia de insetos.



Tipos de esqueleto de invertebrados

- a) Maciços ou arborescentes: Corais e briozoários
- b) Bivalve: bivalves, braquiópodes, ostracodes e conchostráceos
- c) Univalve: Gastrópodes, cefalópodes e escafópodes
- d) Multielemento: equinodermos

a) Maciços ou arborescentes: Corais e briozoários



b) Bivalve: bivalves, braquiópodes, ostracodes e conchostráceos



Bivalves



Ostracodes



Braquiópode

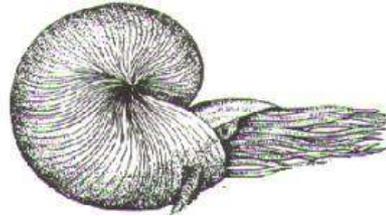
Conchostráceos



c) Univalve: Gastrópodes, cefalópodes e escafópodes;



Cefalópode



Escafópodes



Gastrópode





Gastrópode em ambiente marinho

d) Multielemento
equinodermes

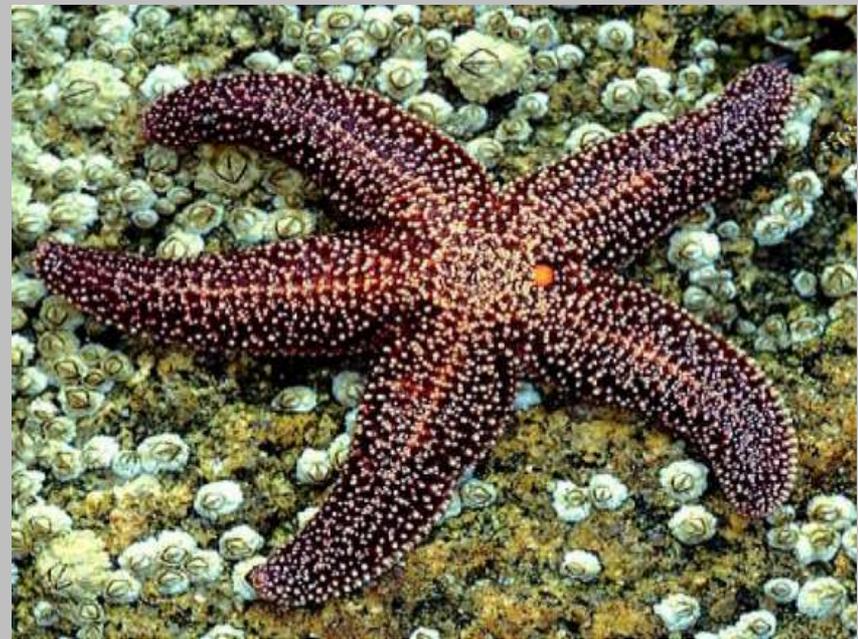


TABELA 1

Classificação dos diferentes tipos de esqueleto de invertebrados, segundo Speyer e Brett (1988).

Táxon	Tipo de esqueleto				
	Maciço	Arborescente	Univalve	Bivalve	Multielemento
Corais Rugosa Tabulata	▽ ▽	▽ ▽			
Briozoários Trepostomata Cryptostomata	▽	▽ ▽			
Braquiópodes Inarticulados Articulados			▽ ▽		
Moluscos Pelecípodes Gastrópodes Cefalópodes Esfafópodes				▽ ▽ ▽ ▽	
Artrópodes Trilobitas Ostracodes Conchostráceos Insetos Filocarídeos			▽ ▽		▽ ▽ ▽
Equinodermas Crinóides Blastóides Equinóides Ofiuróides					▽ ▽ ▽ ▽
Graptozoários		▽			

4) TRANSPORTE

Área Fonte



diminuição da textura do sedimento

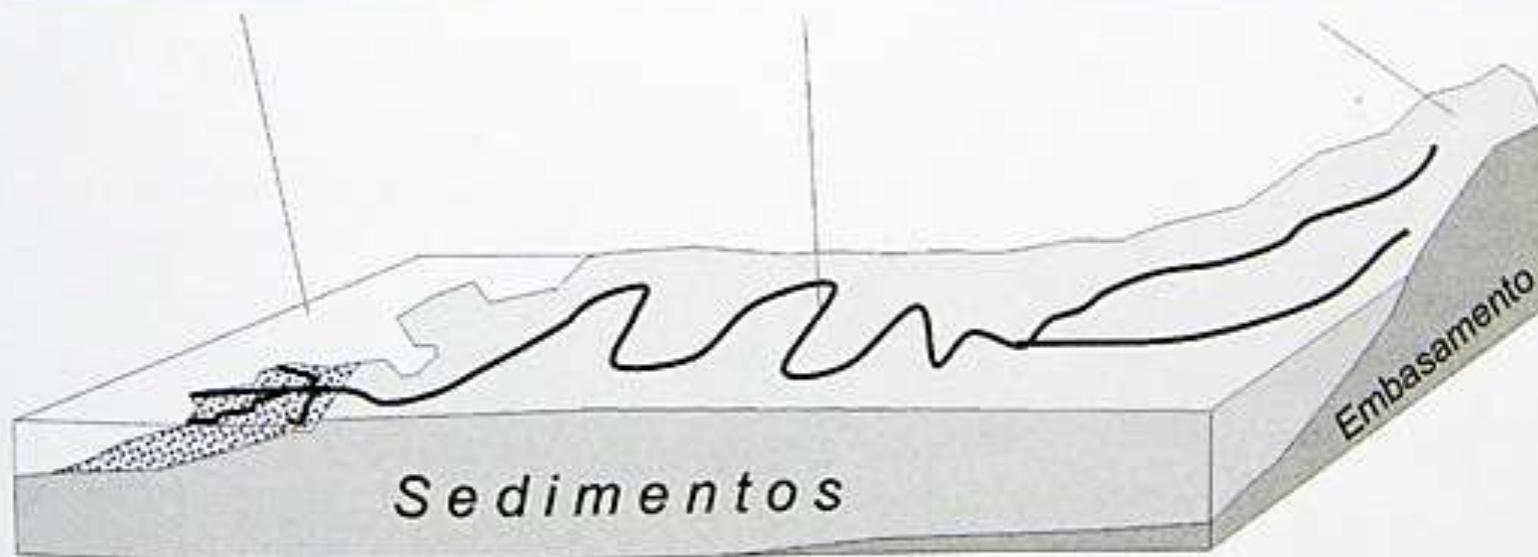
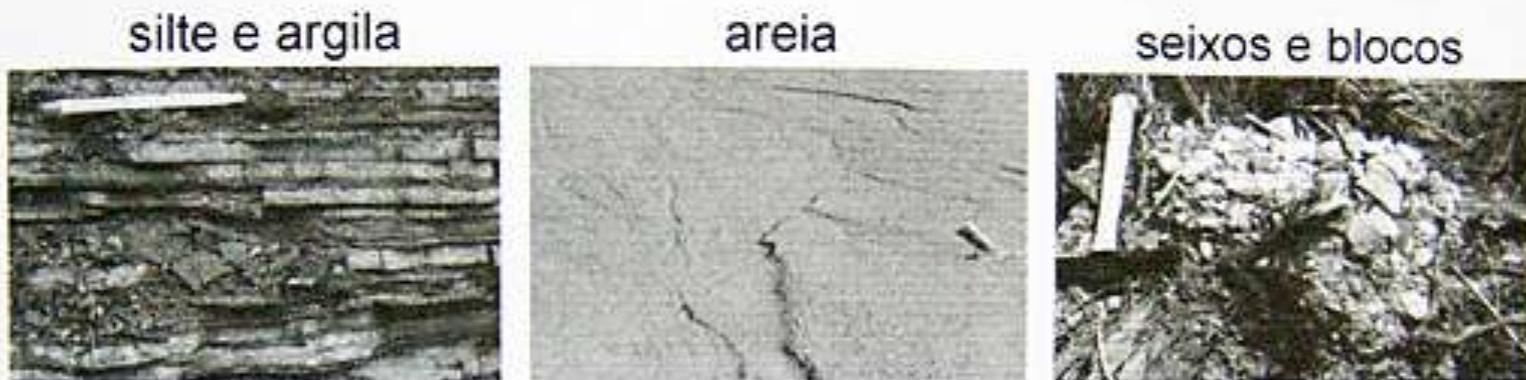


Figura 15 – Bloco diagrama mostrando de maneira simplificada o padrão textural dos depósitos sedimentares em relação ao distanciamento da área-fonte.

TRANSPORTE

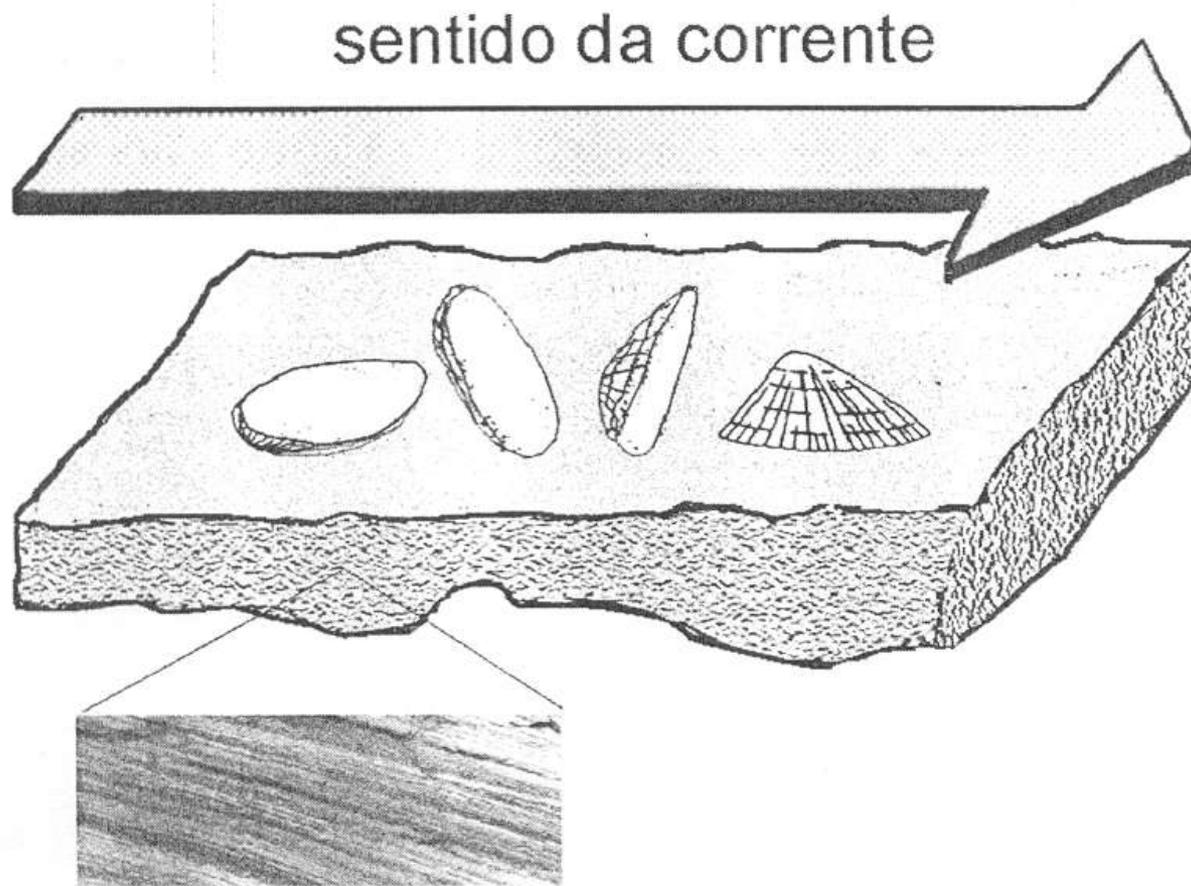
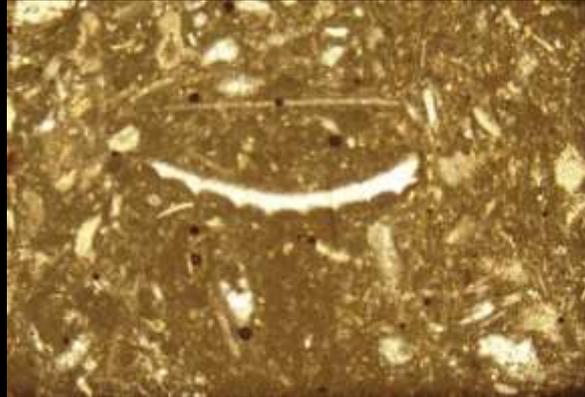
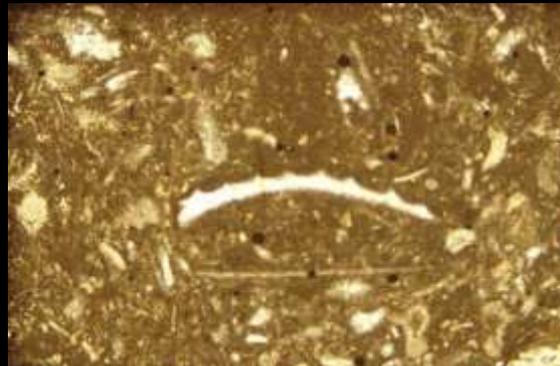


Figura 20
Posição
de estabilidade
alcançada por
uma concha
sob ação
de correntes
de fundo
(redesenhado de
Ziegler, 1985).



-Ausência de força horizontal

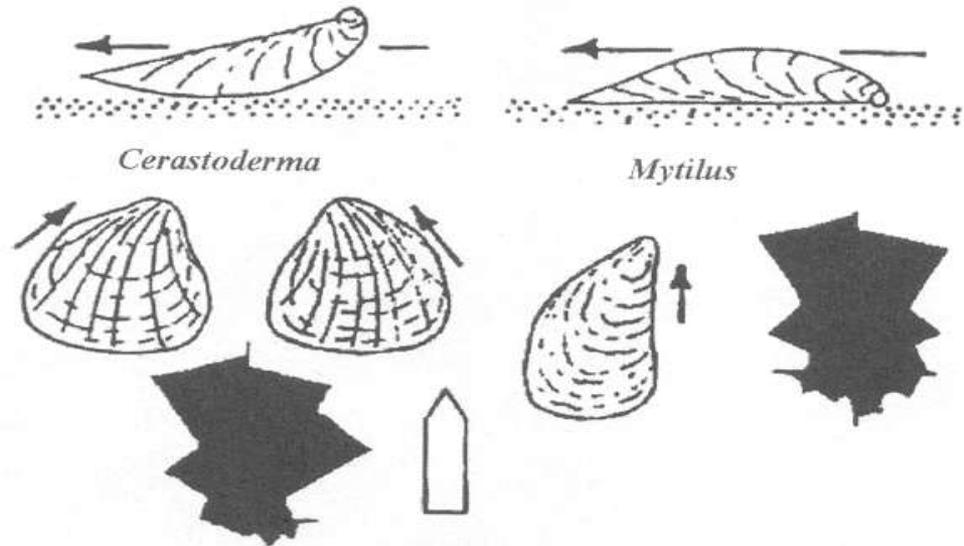
- Águas calmas (predação, bioturbação)



- Correntes tracionais

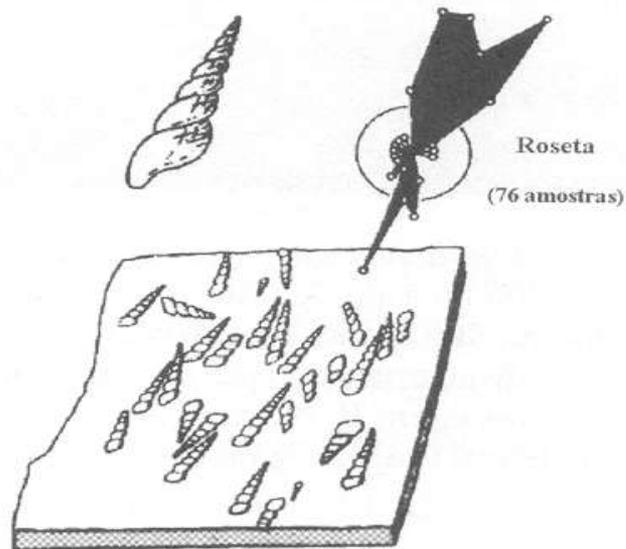
- Posição mais estável

Figura 37A
 Posição
 de estabilidade
 assumida
 por conchas
 sob fluxo
 unidirecional
 forte (Allen, 1990);



Fluxo unidirecional

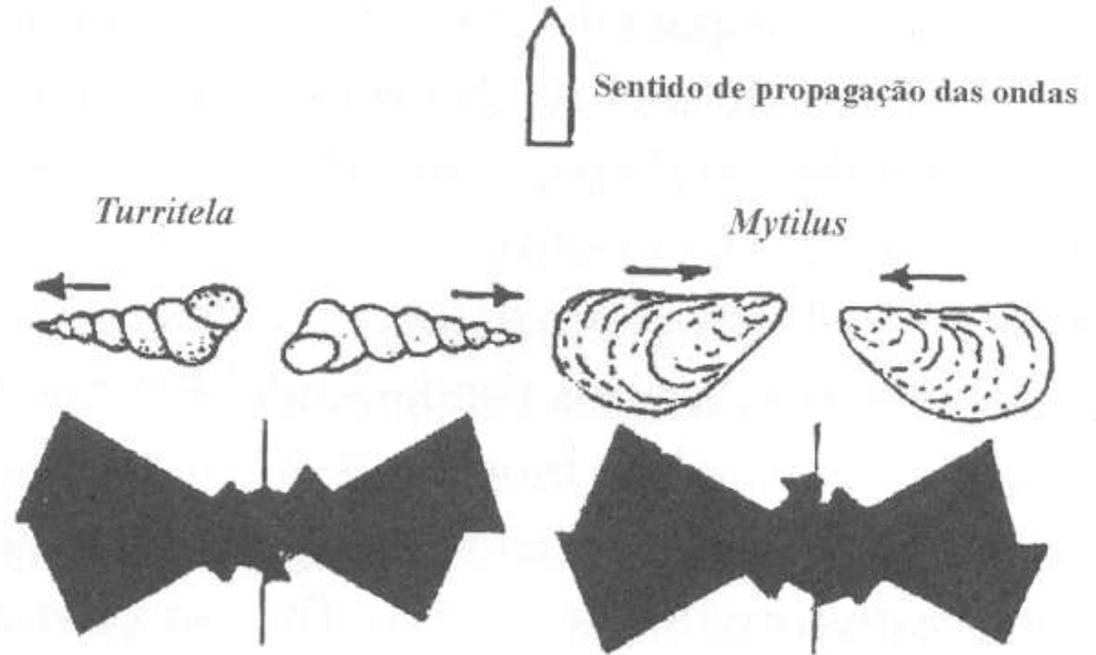
Figura 37B
 Alinhamento
 de gastrópodos
Turritella
 sob fluxo
 unidirecional
 (Seilacher, 1953);



Fluxo oscilatório (ondas)

ONDAS

Figura 37C
Orientação
bimodal
de bioclastos
sob fluxo
oscilatório
(Allen, 1990).



Fluxo oscilatório (ondas)

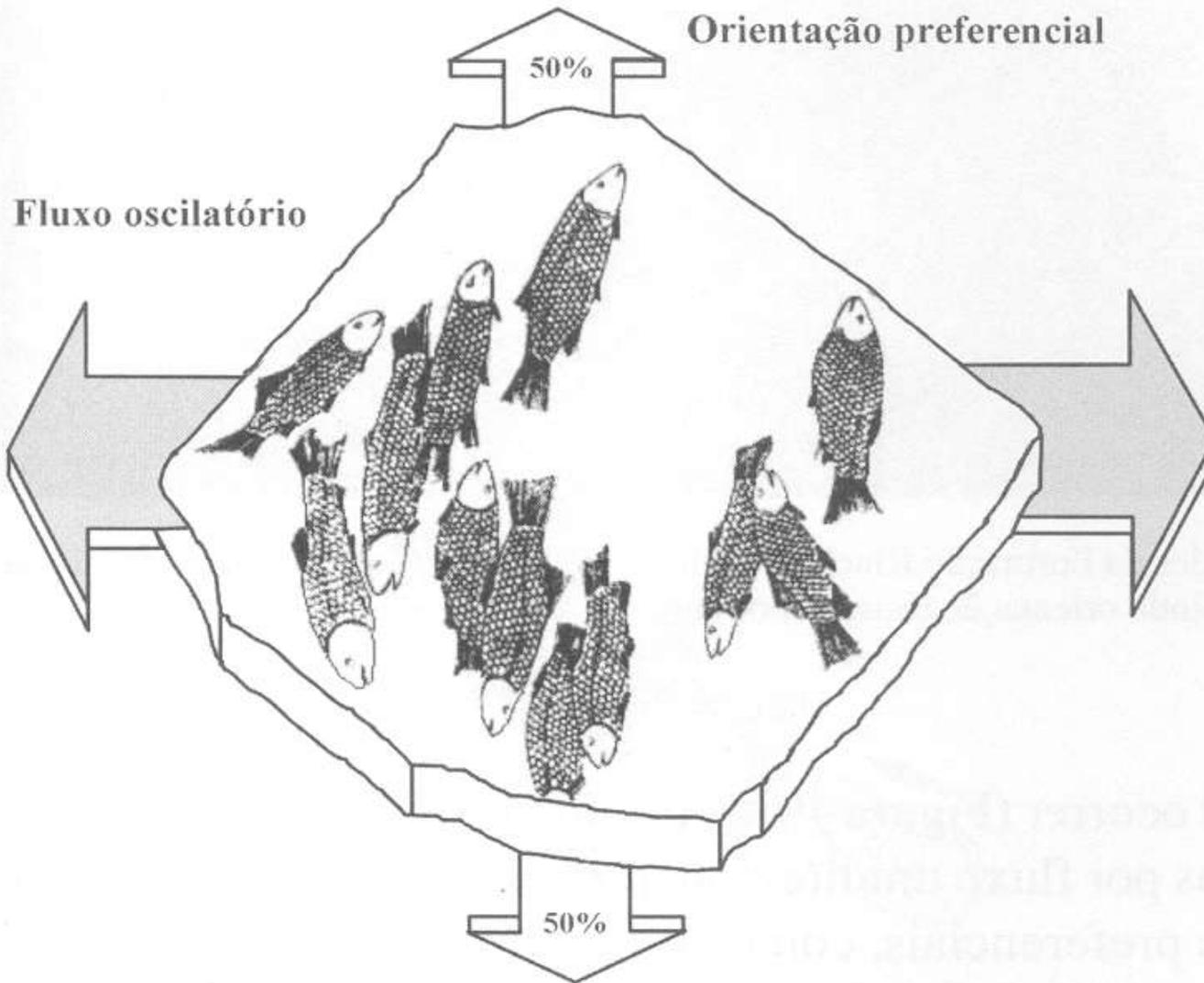
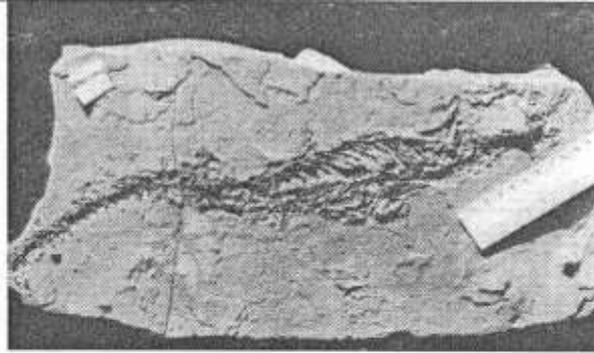


Figura 38
Alinhamento
de carcaças
de peixes
sob fluxo
oscilatório.
Notar
a bimodalidade
na orientação
dos corpos
de peixes
(Seilacher, 1953).

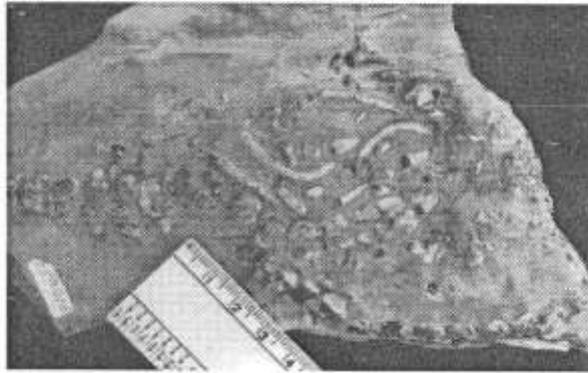
Classes tafonômicas de vertebrados

CLASSE 1:
Esqueletos
Articulados



esqueletos com
articulação completa;
todos os ossos em
posição natural

CLASSE 2:
Esqueletos parcialmente
articulados



esqueletos ainda
mantendo partes
articuladas, mas com a
maior parte dos ossos
removida

CLASSE 3:
ossos isolados



ossos totalmente
desarticulados,
consistindo de ossos
inteiros (IIIA) e/ou
fragmentados (IIIB).

5) SOTERRAMENTO FINAL

Passo decisivo para a preservação

Condições especiais

O registro sedimentar é
dominantemente episódico

*Autóctone

*Alóctone

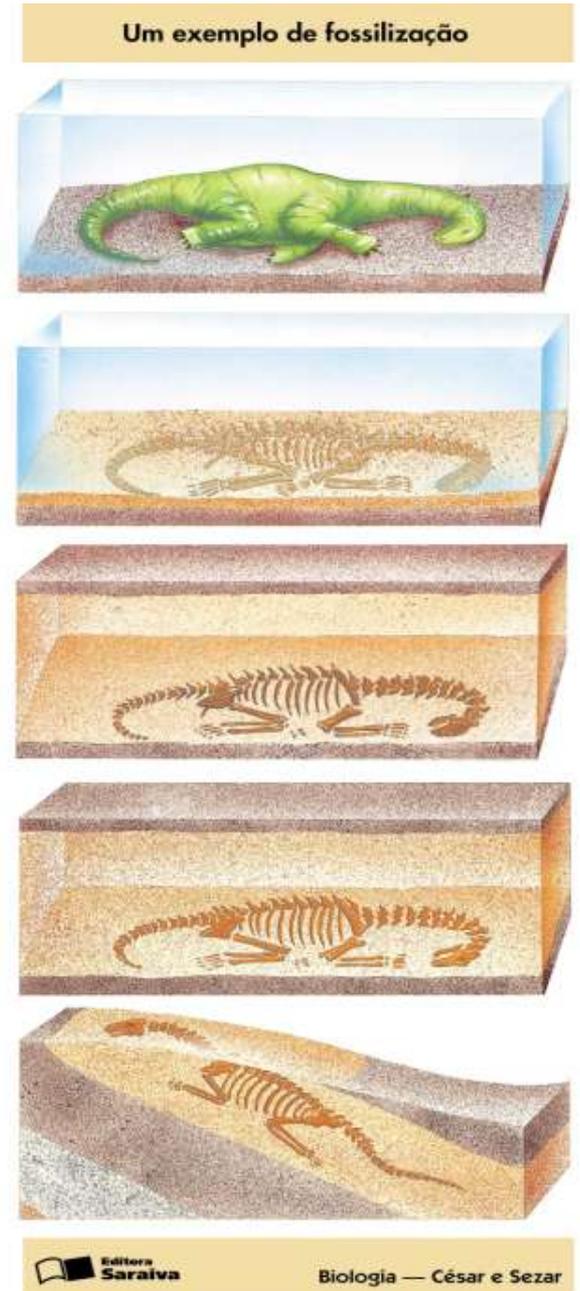


6) DIAGÊNESE (FOSSILIZAÇÃO)

a) Preservação total (partes duras e moles):

b) Preservação sem alteração dos restos esqueléticos

c) Preservação com alteração dos restos esqueléticos

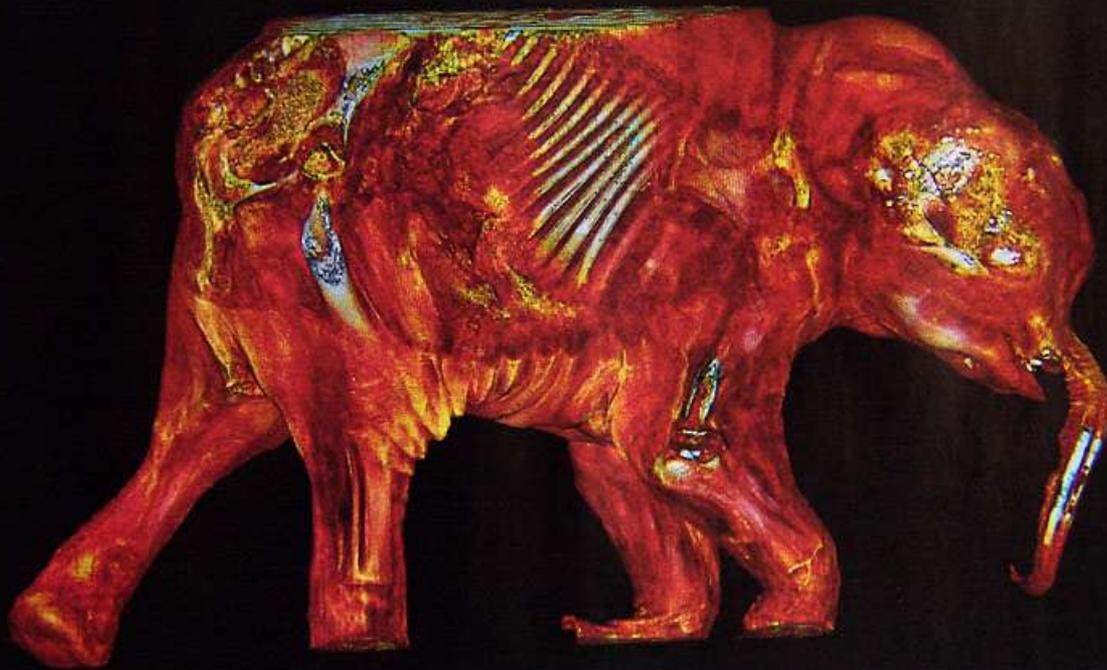




a) Preservação total

congelamento
dessecação – ambiente árido
preservação em âmbar





A tomografia proporcionou novos vislumbres da anatomia dos mamutes, além de pistas da causa da morte de Lyuba. Os sedimentos que bloquearam as passagens nasais da tromba (em branco) e também da boca, do esôfago e da traqueia indicam que ela deve ter morrido asfixiada ao ficar presa e afundar num lodaçal.

Excepcional estado de preservação de filhote de mamute em permafrost

LACRADA NO TEMPO

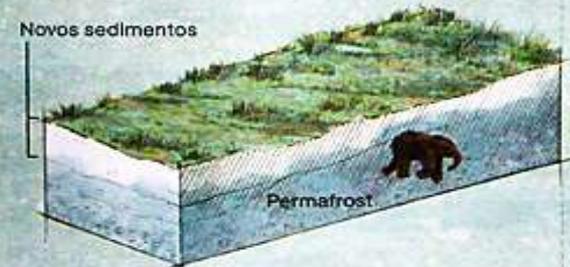
Como o paleontólogo Dan Fisher explica o estado de preservação de Lyuba

- 1 Ao morrer ela afundou em uma mistura de lodo e argila úmidos que evitou seu contato com o oxigênio e os micróbios aeróbicos que destruiriam os tecidos moles.



- 2 Outros micróbios que produzem ácido láctico proliferam em seus tecidos. O ácido atua como conservante da carcaça.

- 3 O solo vira permafrost. O corpo desidrata e encolhe, ficando com metade do peso.



- 4 Em 2006, um rio erode uma ribanceira e solta o bloco de permafrost no qual está Lyuba. O bloco descongela. A correnteza leva o corpo a um banco de areia. O cheiro do ácido láctico espanta bichos carniceiros.



Aquecimento global tem fornecido importantes informações com o derretimento do gelo em regiões polares



No fim da primavera, os rios da península Yamal já estão descongelados. A subida das águas remove nacos de permafrost das margens. Quem vê a região “tem ideia de como era o mundo de Lyuba”, diz o paleontólogo Dan Fisher. Embora a maioria das plantas seja diferente, a paisagem é semelhante à de 40 mil anos atrás.

b) Preservação sem alteração dos restos esqueléticos

Incrustação

quando substâncias trazidas pelas águas se infiltram no subsolo e se depositam à volta do animal ou planta, revestindo-o.
Ex. animais que morrem em cavernas.

permineralização - silicificação

quando substâncias minerais são depositadas em cavidades de ossos ou troncos.



c) Preservação com alteração dos restos esqueléticos:

Recristalização

Modificação da estrutura do mineral original transformando em novo mineral. Ex. aragonita - calcita



Carbonificação

quando se dá perda de substâncias voláteis, restando apenas uma película de carbono. É mais frequente surgir em restos de seres vivos que contêm quitina, celulose ou queratina.



Molde

resulta do preenchimento interno das partes duras do ser vivo ou da moldagem da parte externa das partes duras.

Vestígios - icnofósseis



Como adquirir, descrever e interpretar dados em tafonomia

Orientação azimutal

Topo e base

Blocos de rochas (distribuição de fósseis na matriz, orientação)

Seccionamento dos blocos (observação do grau de empacotamento, distribuição dos fósseis na matriz)

Descrição macroscópica para interpretação

Feições Estratigráficas

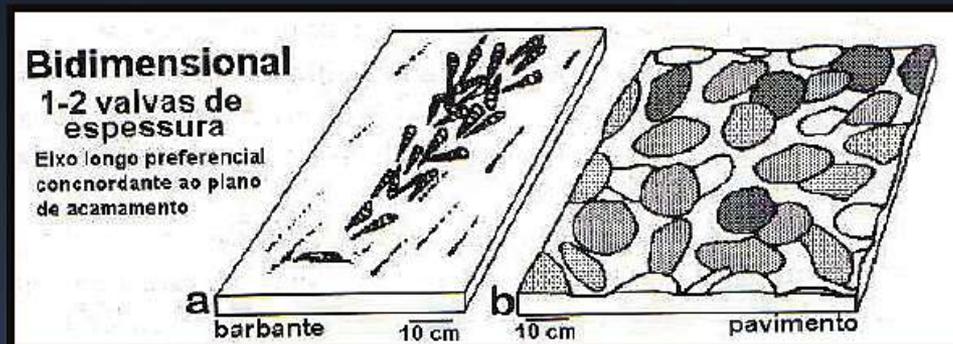
Feições Paleoecológicas

Feições Sedimentológicas

Feições Estratigráficas (geometria)

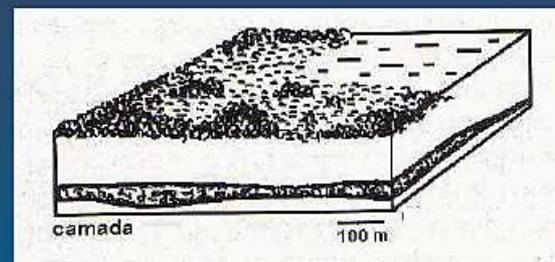
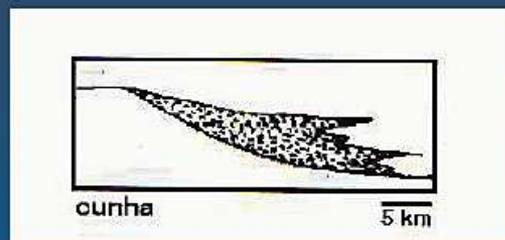
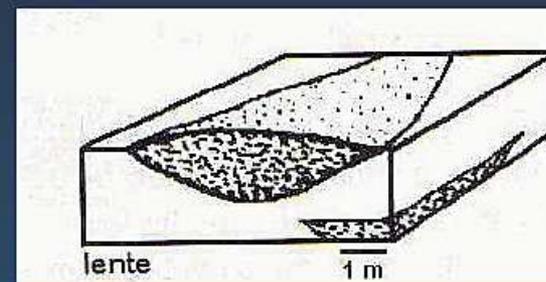
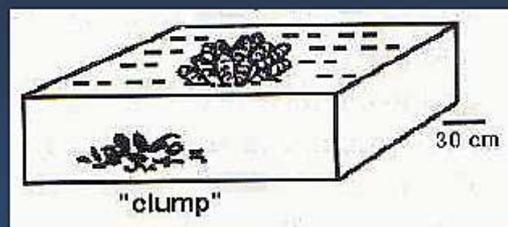
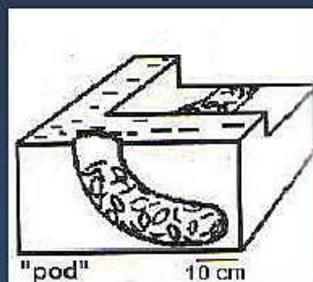
Concentrações Bidimensionais (pouco espessas)

- 1 – Barbante
- 2 – Pavimento



Concentrações tridimensionais (> espessura de uma concha)

- 1 – Pod
- 2 – Clump
- 3 – Lente
- 4 – Cunha
- 5 – Camada



Feições Paleoecológicas

Monotípica: um único tipo de esqueleto.

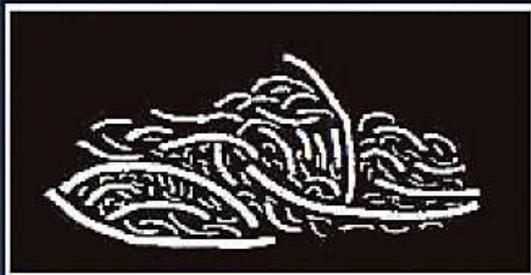
- *Monoespecífica (formada por uma única espécie)
- *Poliespecífica (formada por espécies diferentes de mesmo esqueleto)



Politípica: vários tipos de esqueleto
(Bivalves, corais, braquiópodes...)

Feições Sedimentológicas

Grau de empacotamento



Densamente empacotada



Fracamente empacotada

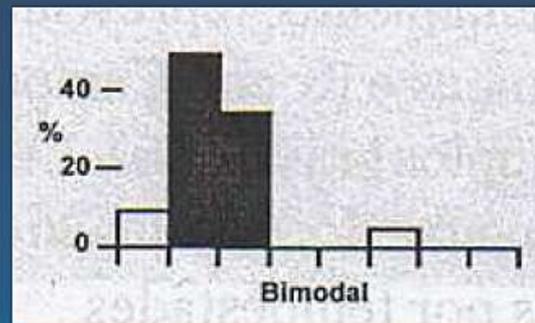


Dispersos

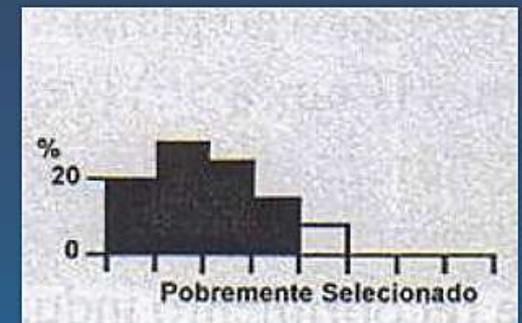
Seleção de Tamanho



Bem selecionada



Bimodal



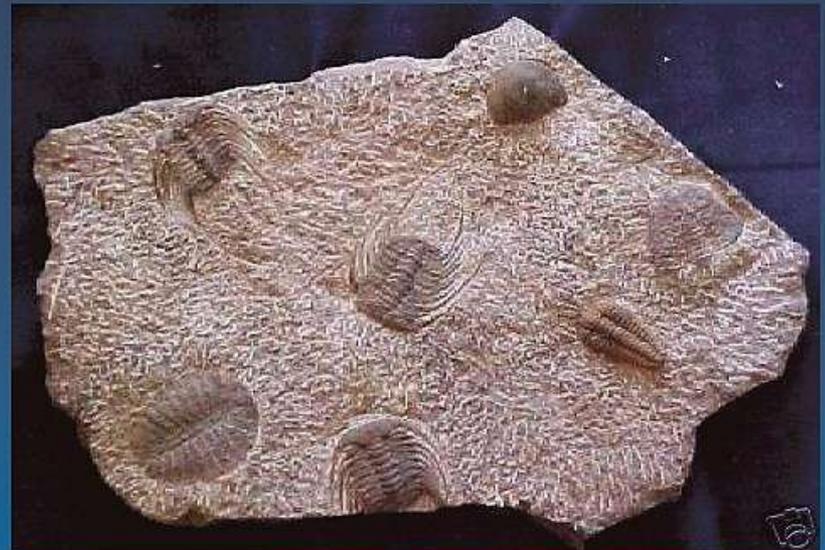
Pouco selecionada

Orientação em planta



Distribuição unimodal

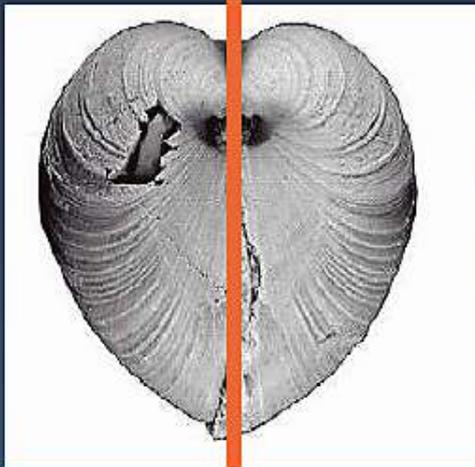
Distribuição polimodal



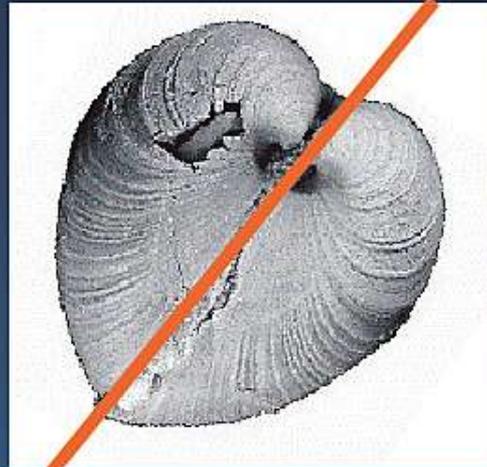
Distribuição bimodal

Orientação em corte

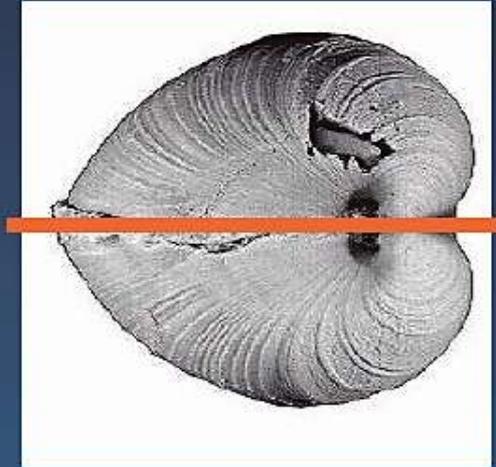
Plano de
acamamento



Perpendicular



Oblíquo



Concordante

Considerações importantes

- **Time-averaging**: mistura temporal em uma concentração fossilífera.
- **Retroalimentação tafonômica** (taphonomic feedback): acúmulo de restos esqueléticos influenciando nas comunidades viventes.
- **Fossil-Lagerstätten**: rocha contendo quantitativa e qualitativamente uma rica assembléia fossilífera
- **A tafonomia como ferramenta de interpretação do passado**
- **Compreensão dos processos paleoambientais**

Desafios da Paleontologia

- É buscando ler no antigo “**livro das rochas**” que o Paleontólogo procura as bases de suas reconstituições hipotéticas;
- No entanto, muitas páginas deste livro **não estão presentes num só lugar**;
- Elas estão **misturadas, adulteradas, mascaradas e espalhadas** por diversos locais;
- E o que é pior, **muitas páginas ainda não foram encontradas**, e talvez, nunca venham a ser, pois o registro sedimentar normalmente é bastante incompleto.

Fósseis da Formação Ponta Grossa

- Paleogeografia – tempo e espaço
- Paleoambiente
- Paleofauna – Prov. Malvinocáfrica
- Elvio Bosetti (UEPG)



PAULO MANZIG



PAULO MANZIG



PAULO MANZIG

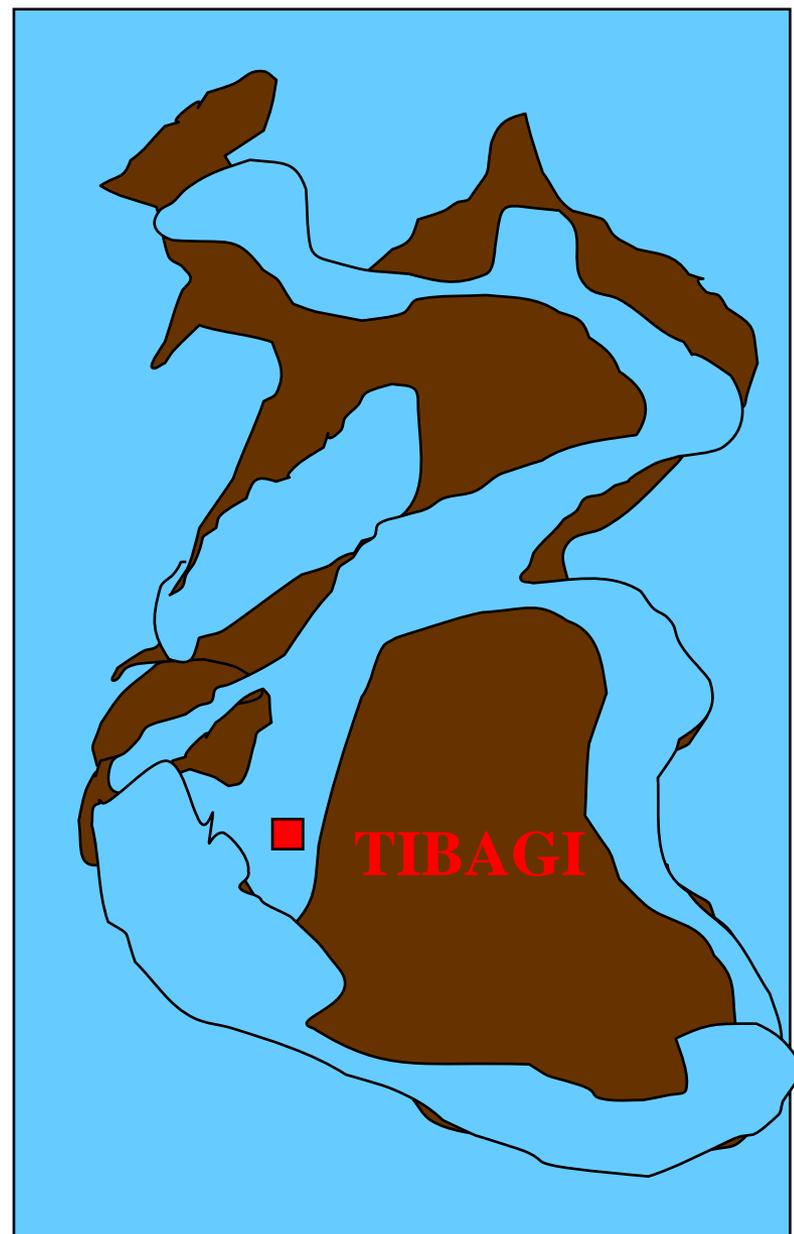
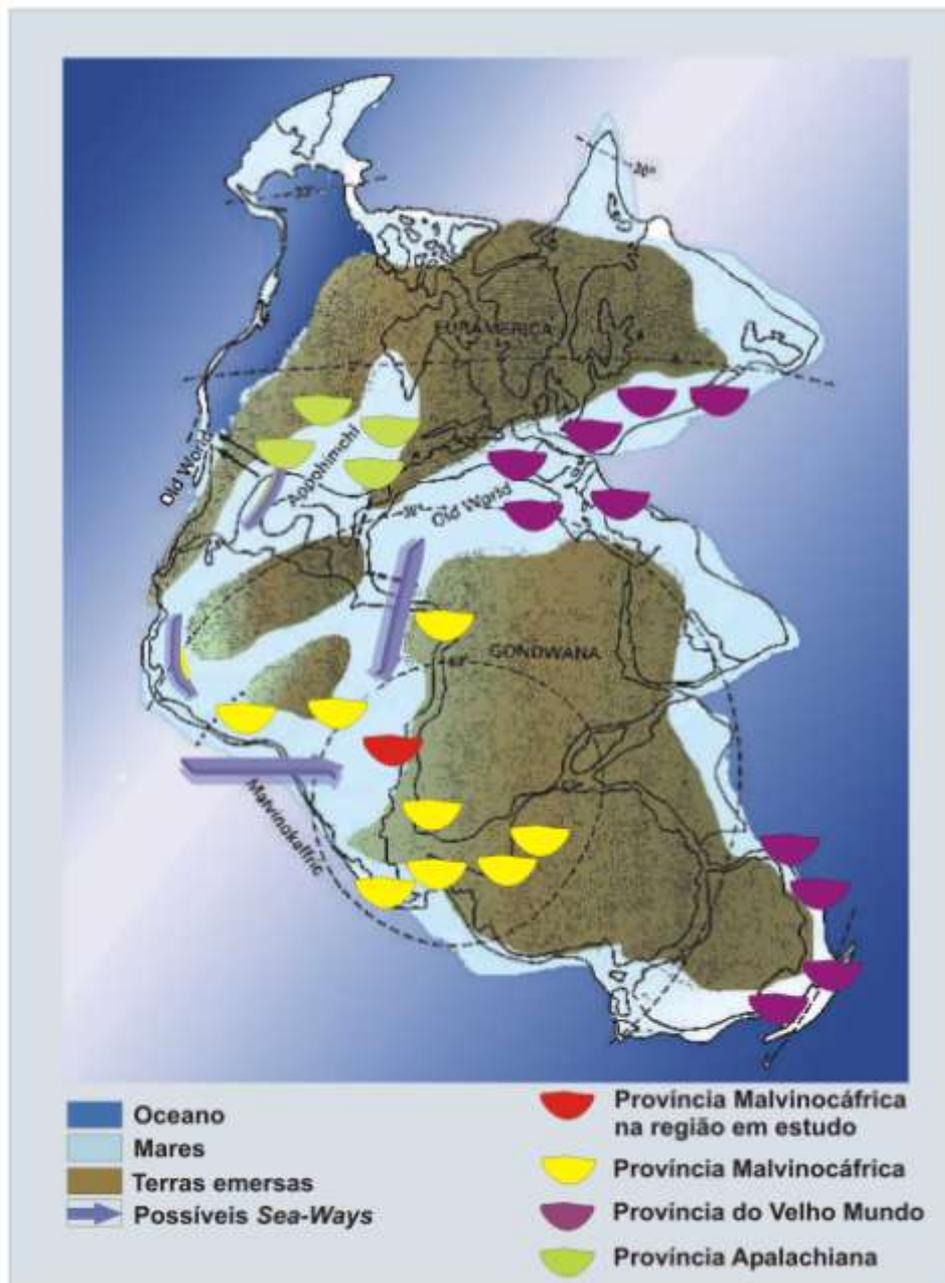
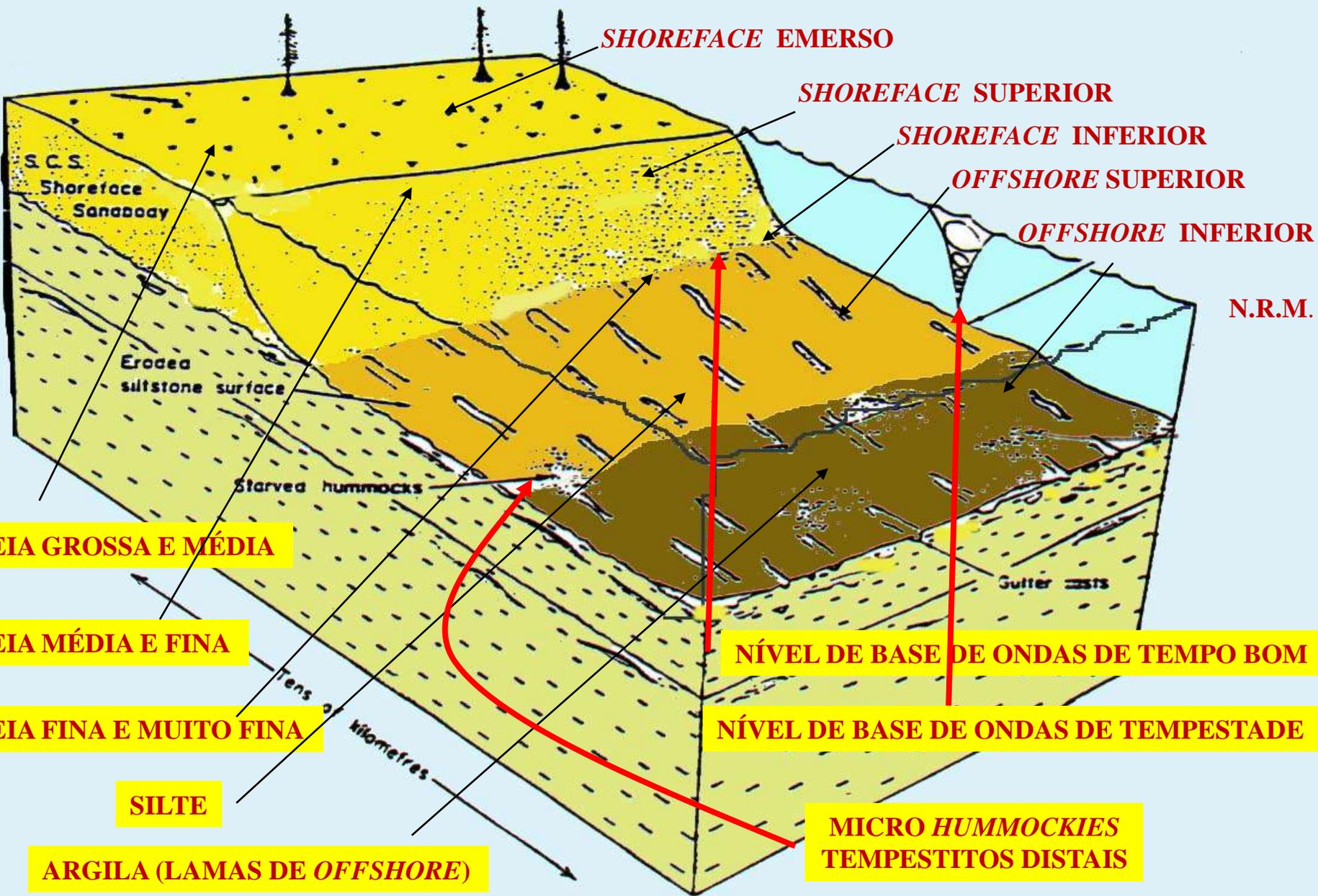
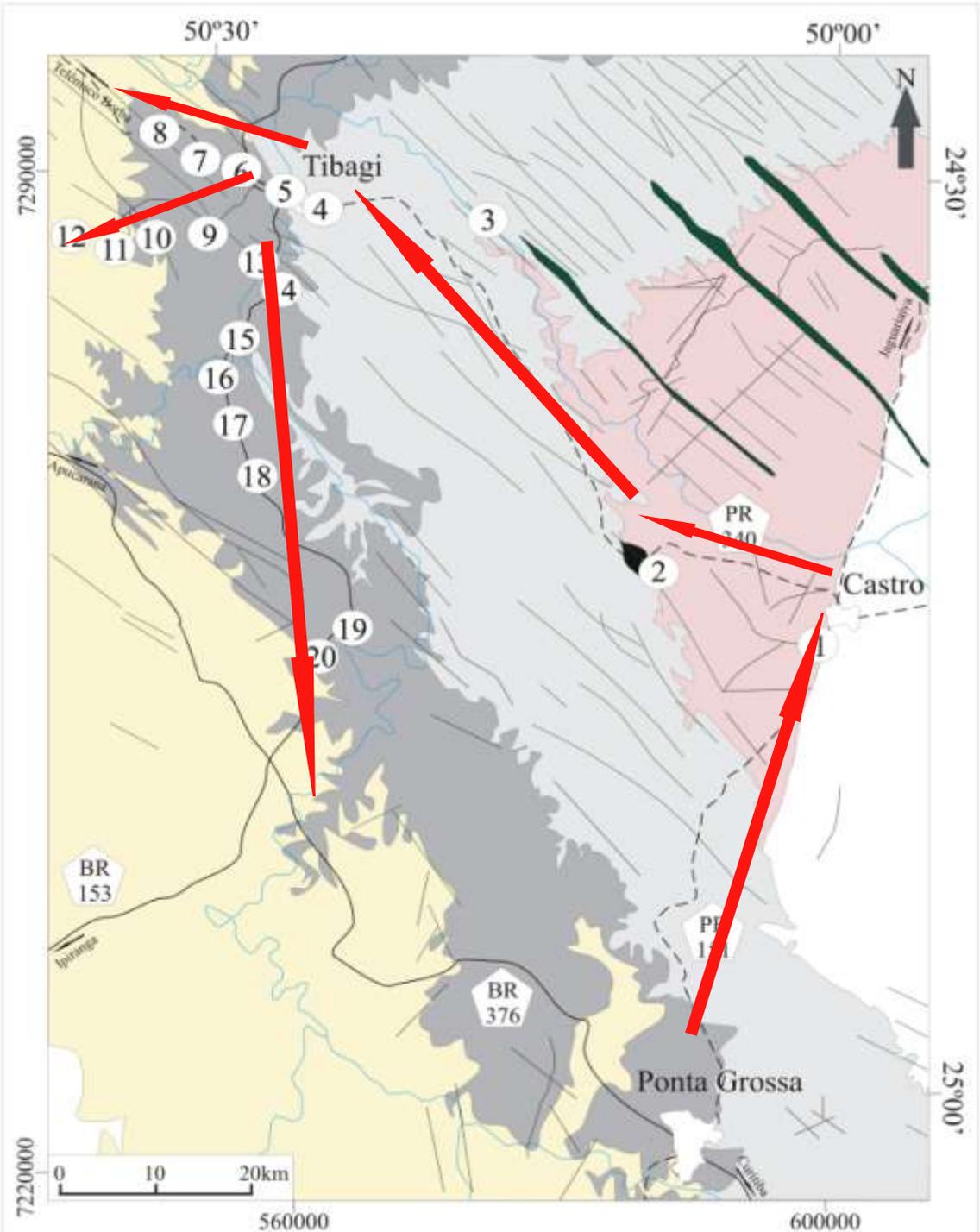


Figura 6 - Paleobiogeografia do Devoniano Médio (invertebrados) - base cartográfica de Young (1990). distribuição da paleofauna baseada em Boucot e Johnson, 1973.



- Rota dos Fósseis a partir de Ponta Grossa, proposta por Matsumura e Bosetti, 2010.
- Turismo Científico





Australocoelia



Australospirifer



Notiochonetes



Trilobita calmoniideo



Conularia



Tentaculites



Plectonotus



Lingula



Aspidosoma



Orbiculoidea



Janeia



Paracalmonia



Australospirifer

Para saber mais...

- Holz & Simões (2002) – Elementos Fundamentais de Tafonomia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul
- Carvalho, I. de S. (2004) – Paleontologia. Rio de Janeiro. Ed. Interciência.
- Vários artigos de Élvio Bosetti (UEPG)