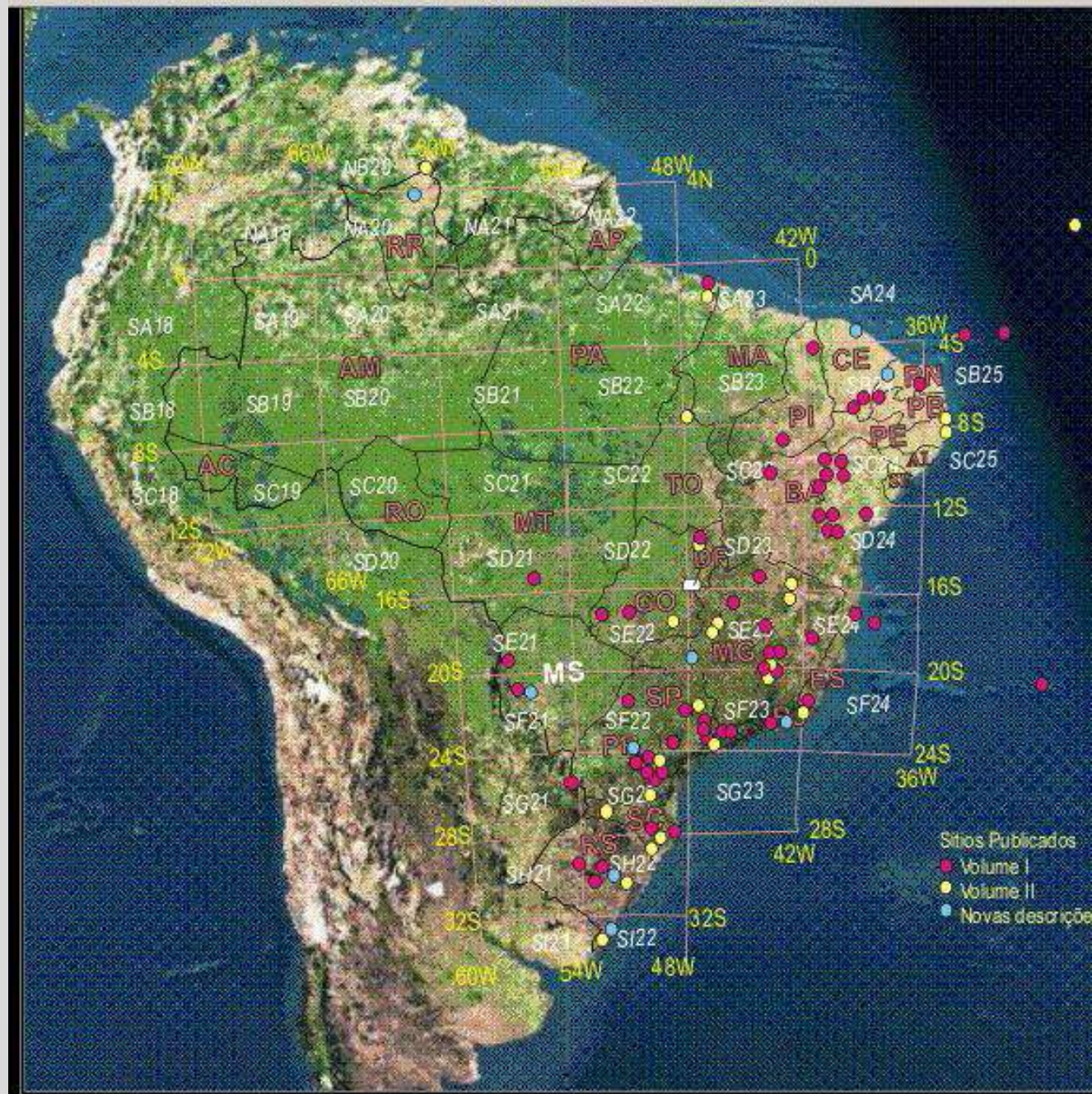


# Noções de paleontologia e paleogeografia

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



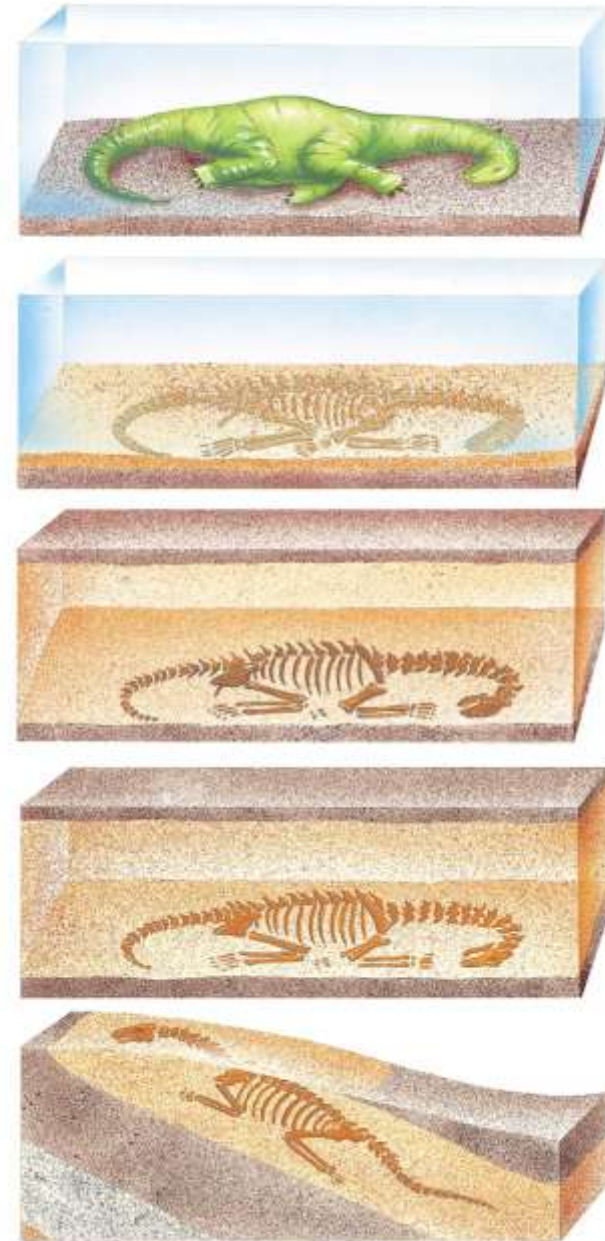
## Como se formam os fósseis?

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.



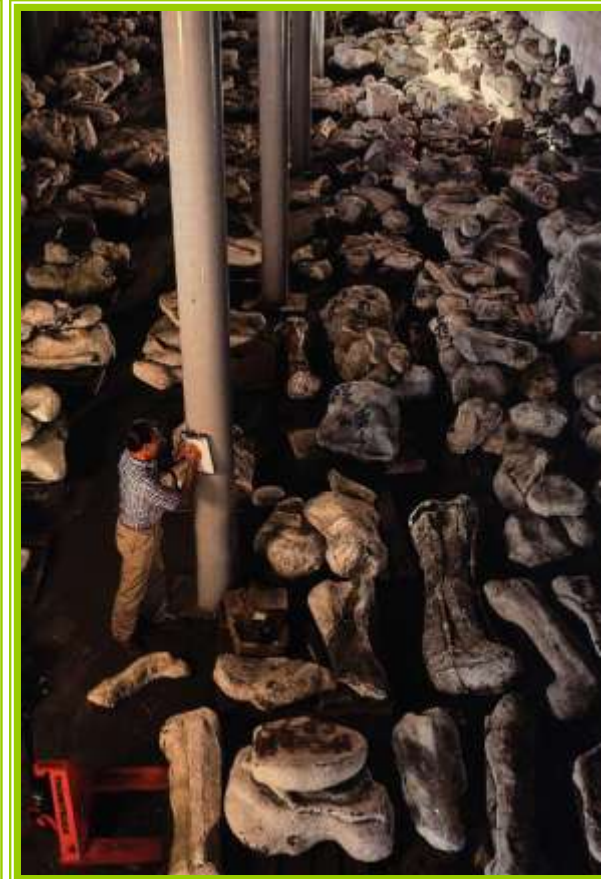
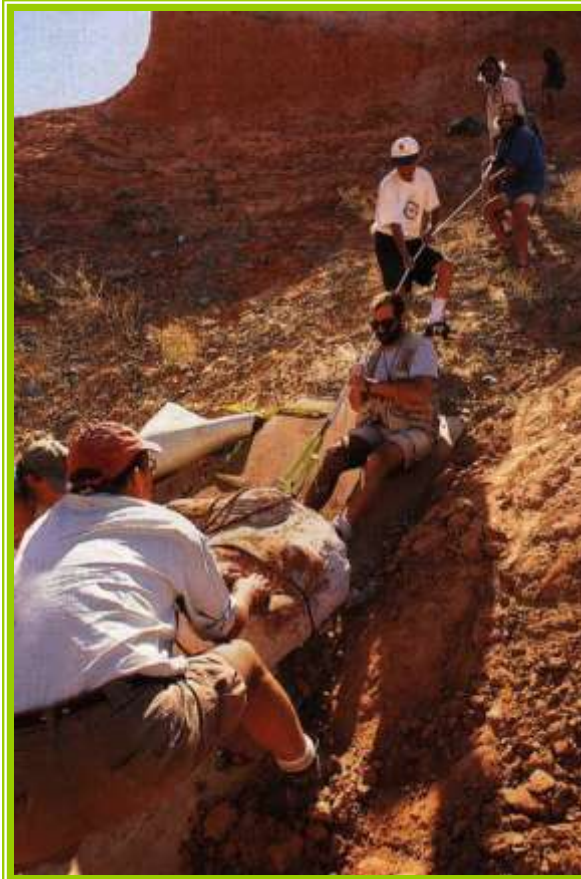
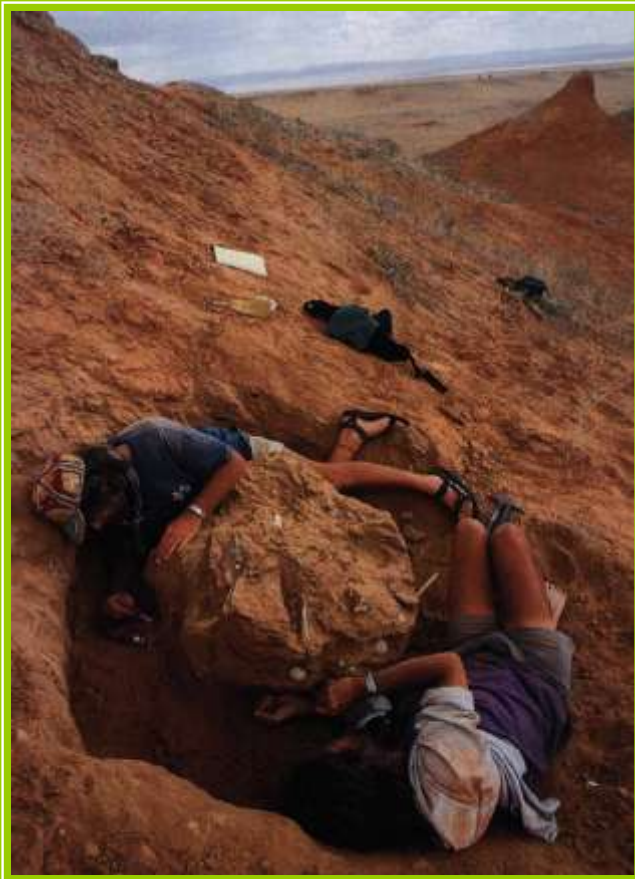
Métodos de trabalho:  
 anotações,  
 coleta e os estudos in loco



## 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.



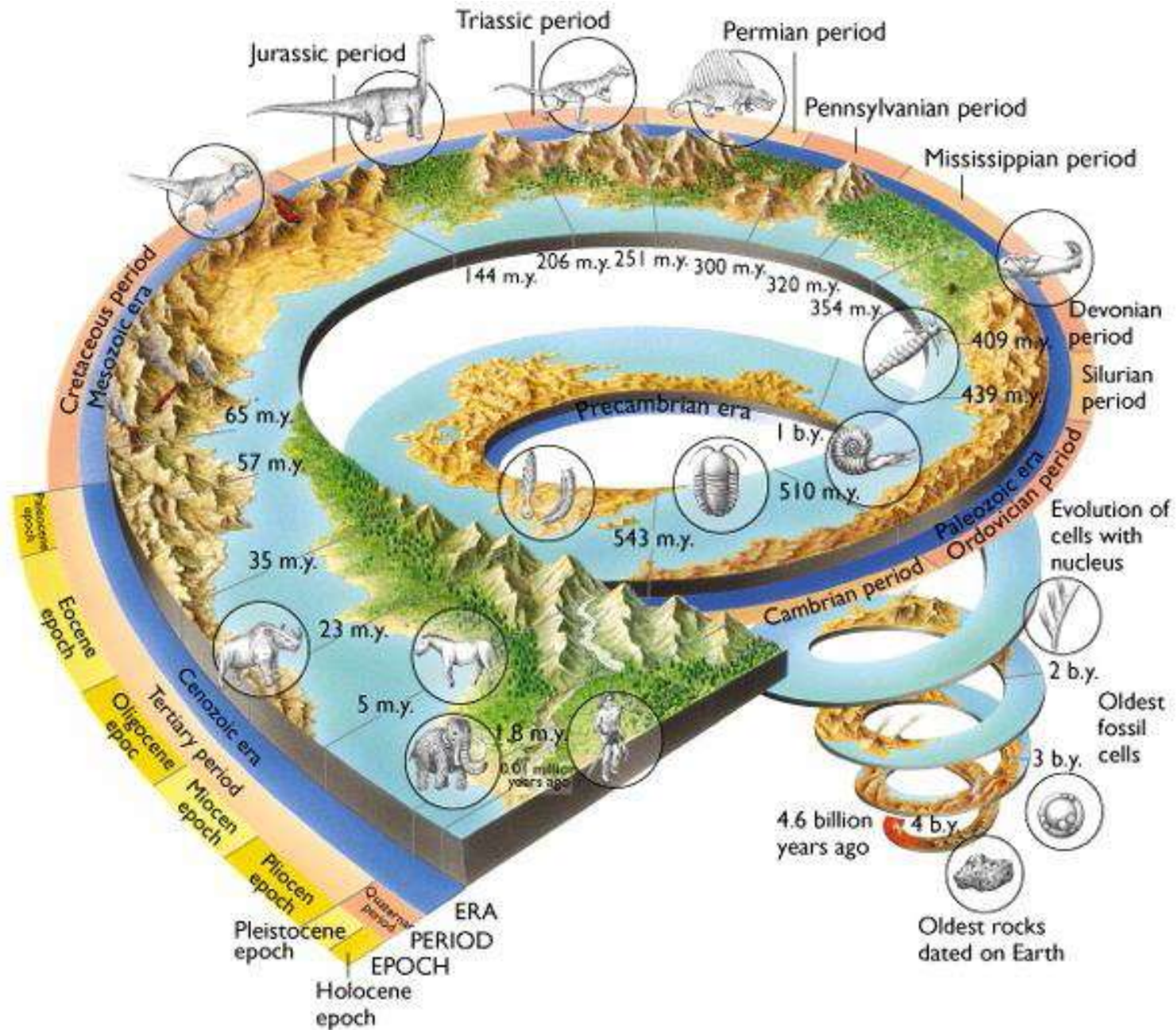
## Tempo Geológico

- 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		
FAIMERIZÓICO	CENOZÓICO	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	
		MEZÓZÓICO	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	
				245	Primeiros dinossauros (saurisquianos e ornitiscuianos) 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	
	PALEOZÓICO		Pérmico	290	Aparecimento dos répteis					
			Carbonífero	363	Últimos graptolitos Aparecimento dos anfíbios					
			Devónico	409	Primeiras gimnospérmicas Primeiros anonoides Últimos graptolóides					Acumulação dos "Old red sandstones"
			Silúrico	439	Primeiras plantas e animais terrestres Primeiros peixes					Fecho do Oceano Iapetus Constituição do Continente Norte-Atlântico
		Ordovícico	510	Primeiros nautilóides						
		Câmbrico	544	Primeiros graptolitos Primeiros agnatas Primeiros metazoários com esqueleto externo (trilobites, braquiópodes, equinodermes, moluscos, etc.)					Abertura dos Oceanos Iapetus e Rheic Constituição da Avalónia	
PROTEROZÓICO	Vendiano		1000	Fauna de Ediacara Reprodução sexuada						
			1400	Primeiros depósitos de carvão (algas)				Constituição do Continente Rodinia		
		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 hurónica

(para pan-afriana)

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

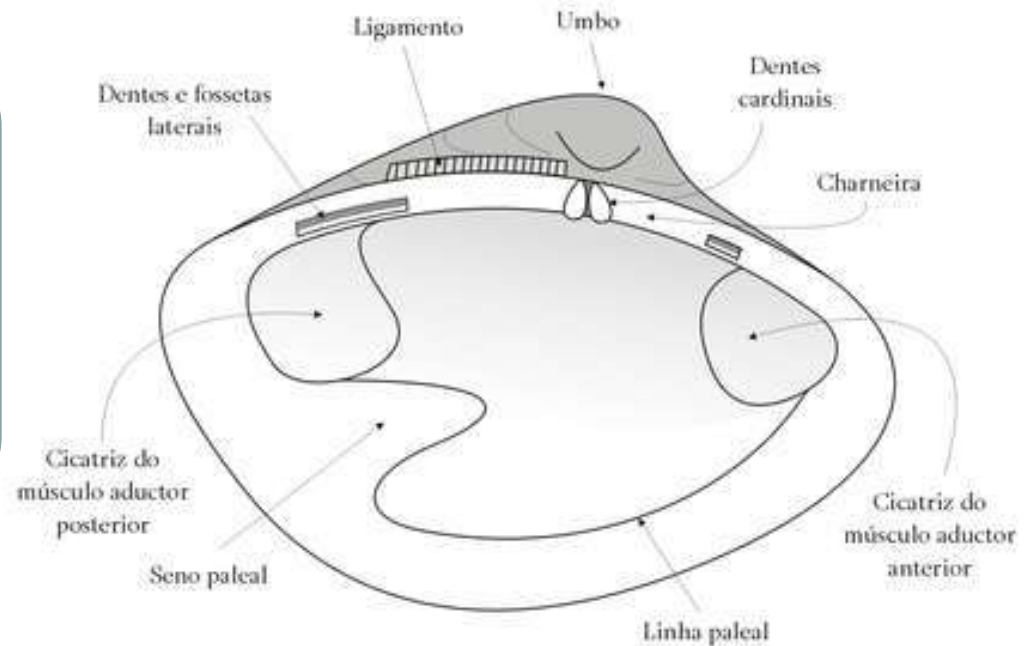
Alóctone

Área Fonte

## Morfologia funcional

Atualismo

Modo de vida



# **ANÁLISE TAFONÔMICA BÁSICA**

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

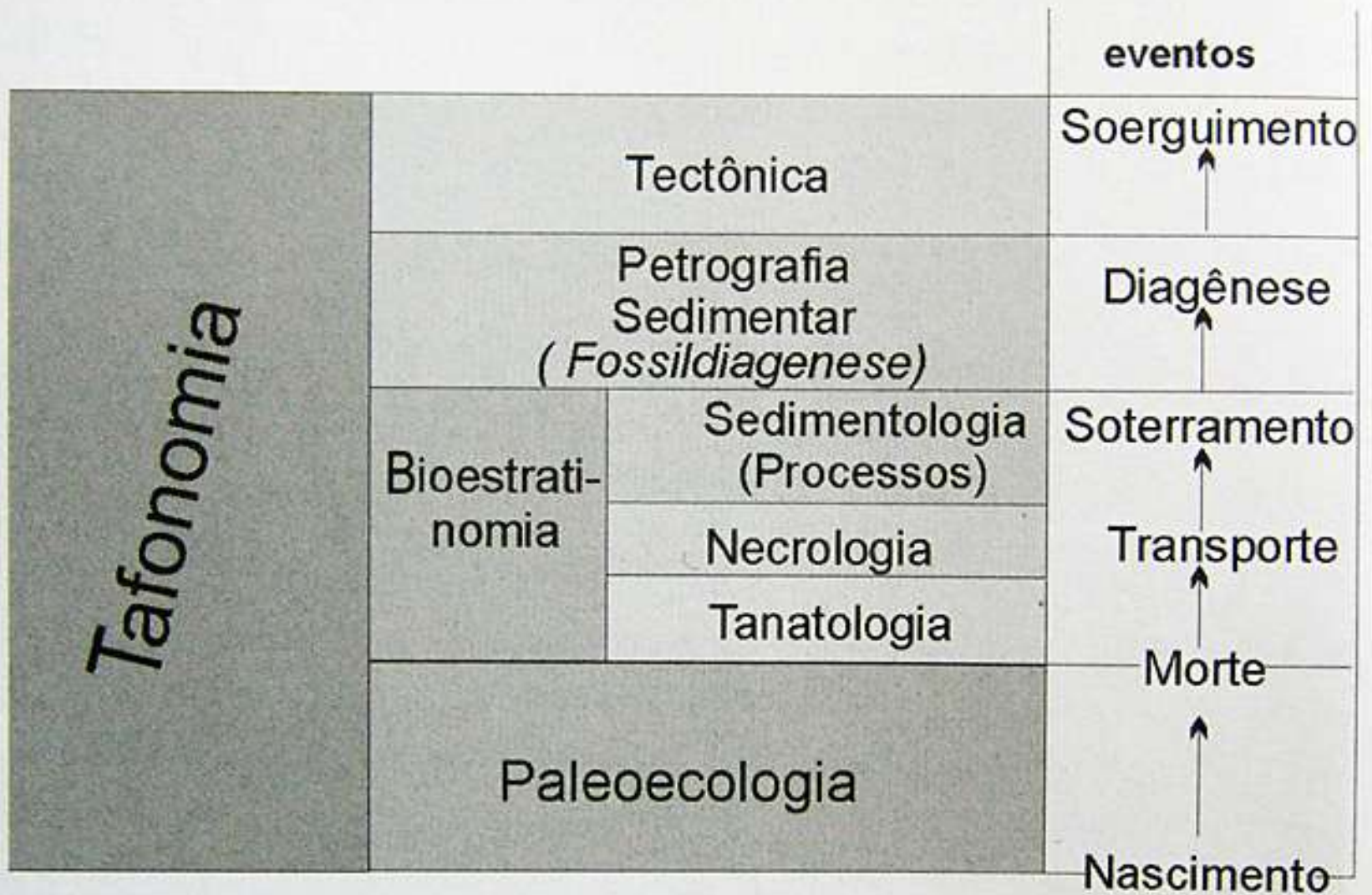


Figura 1 - Relação entre a tafonomia, suas subdivisões e os eventos responsáveis pela origem das concentrações fossilíferas (Simões e Holz, 2000).

# 1) MORTE

## Tipos de Morte

### a) Seletiva

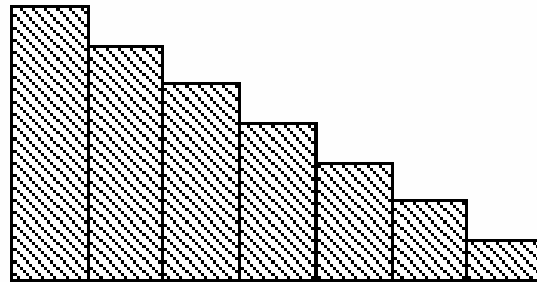
### b) Catastrófica

- 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)



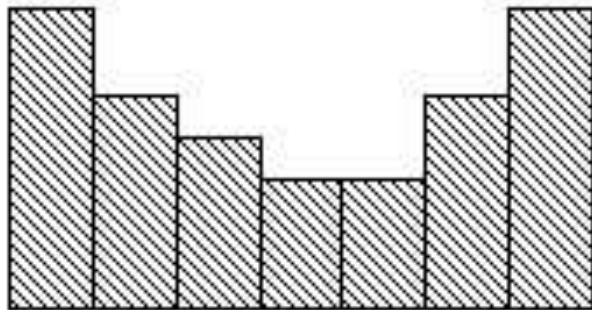
# Estrutura populacional original (hipotética)

Número  
indivíduos

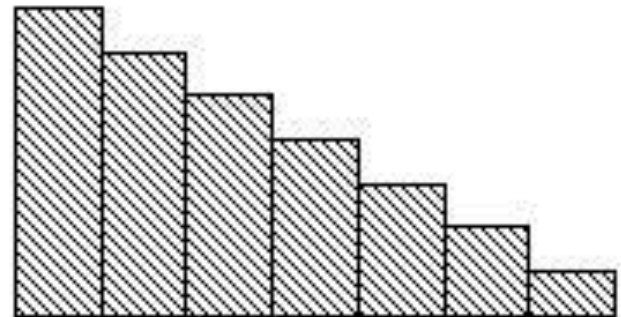


idades

## 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)



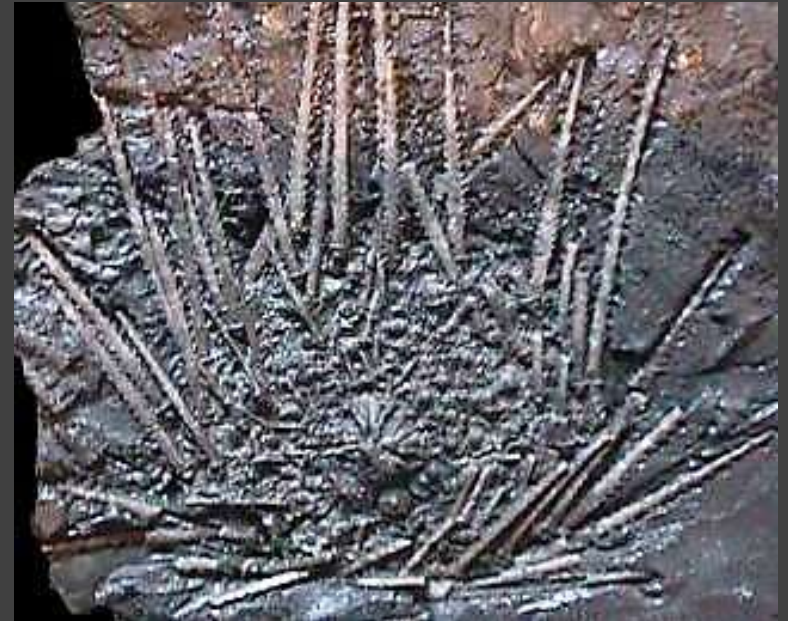


< Energia

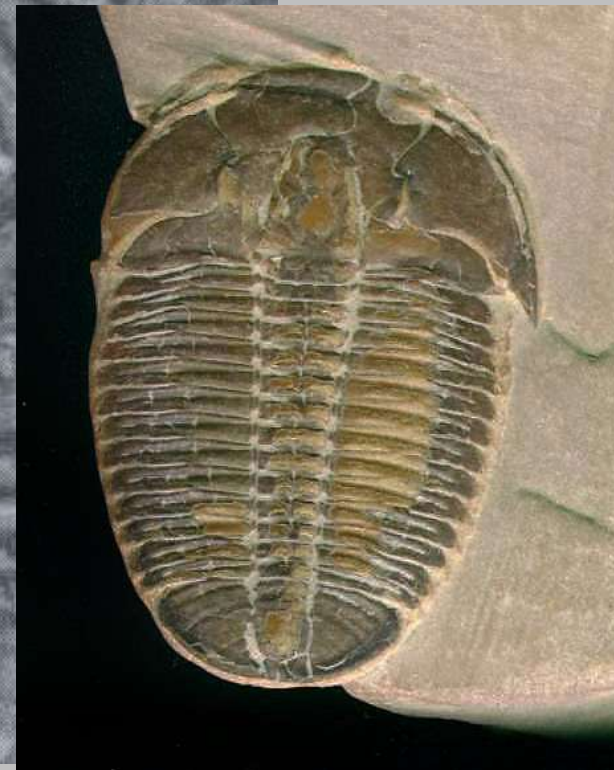
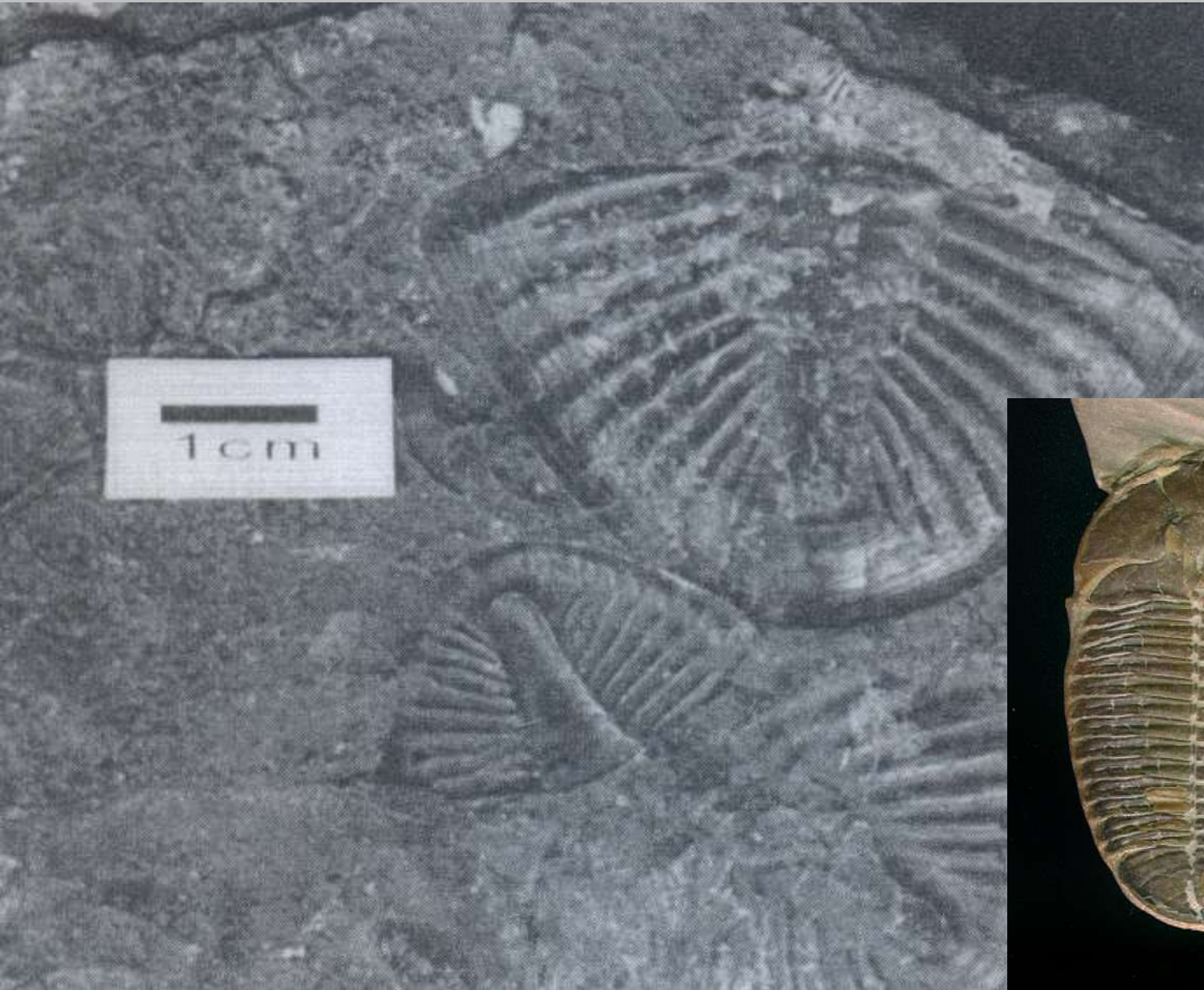
Soterramento rápido

Anóxia











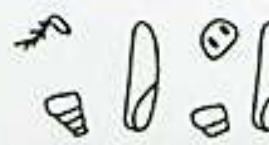

> **Articulação**



# Pigídios de trilobitas, Ordoviciano (Canadá)

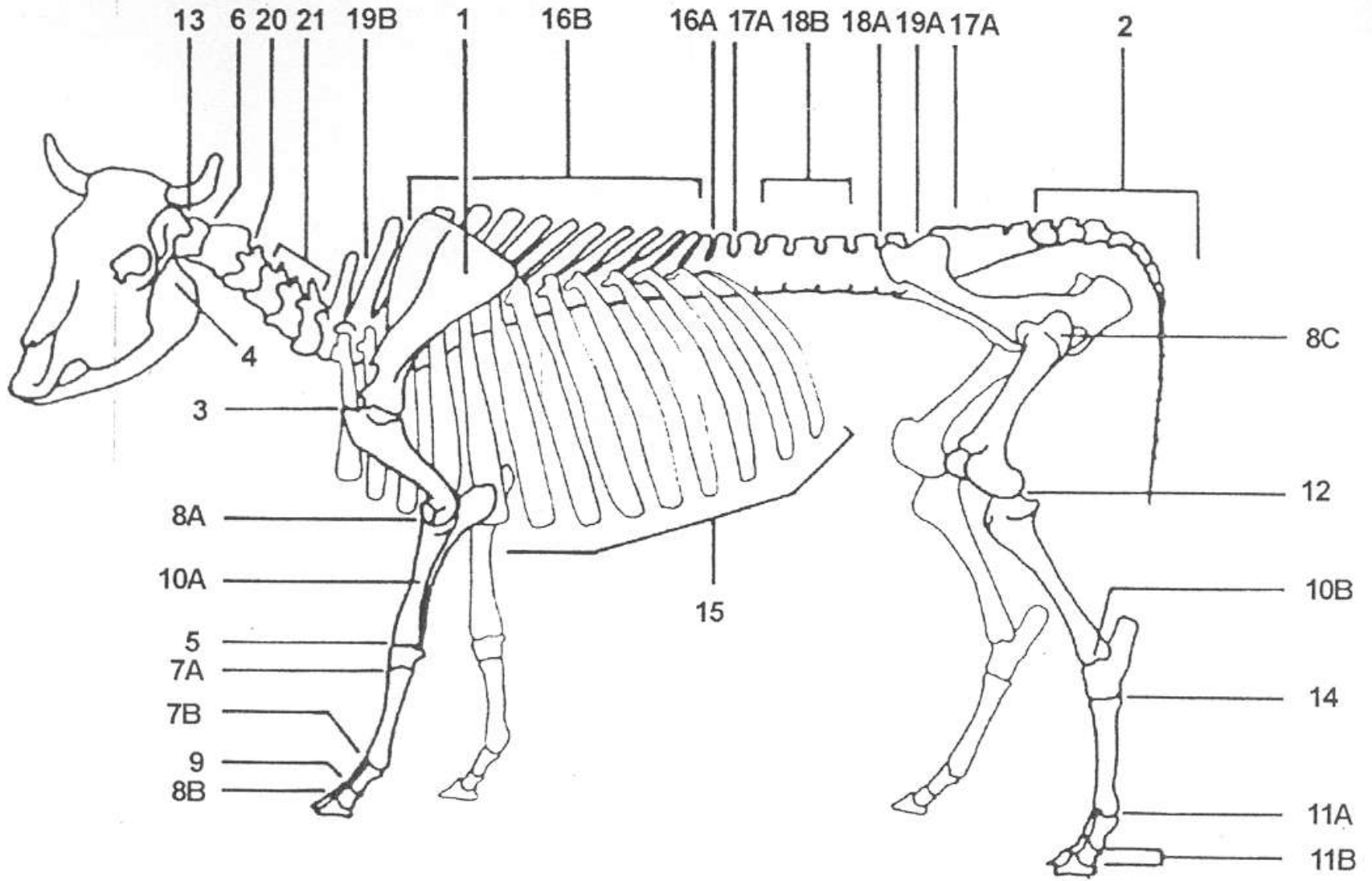


**Exemplo de experimento realizado sobre a desarticulação de insetos**

	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

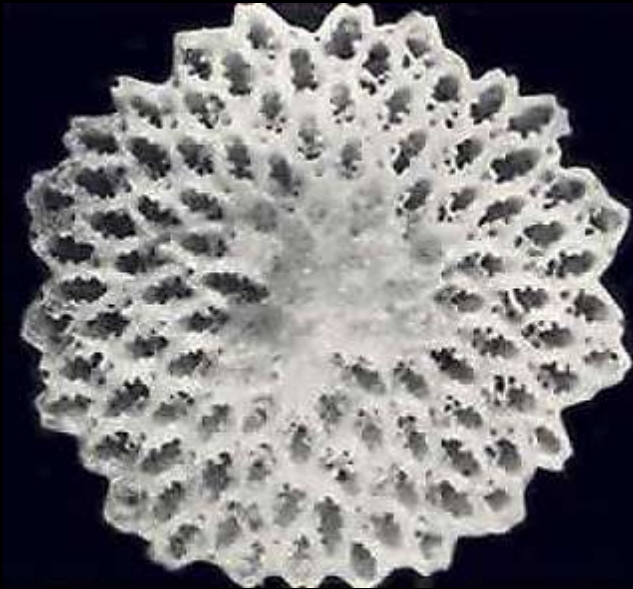
Figura 67 – Experimento de tafonomia de insetos.



## 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

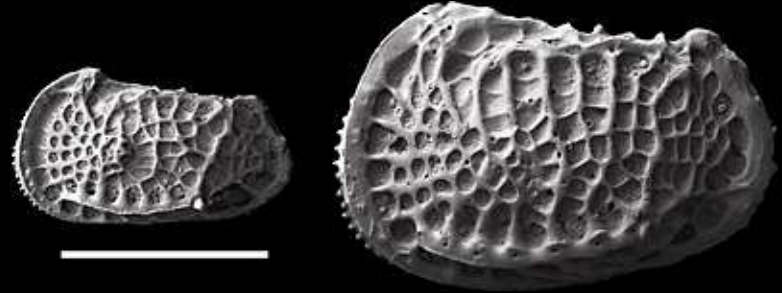
a) Maciços ou arborescentes: Corais e briozoários



## b) Bivalve: bivalves, braquiópodes, ostracodes e conchostráceos



Bivalves



Ostracodes

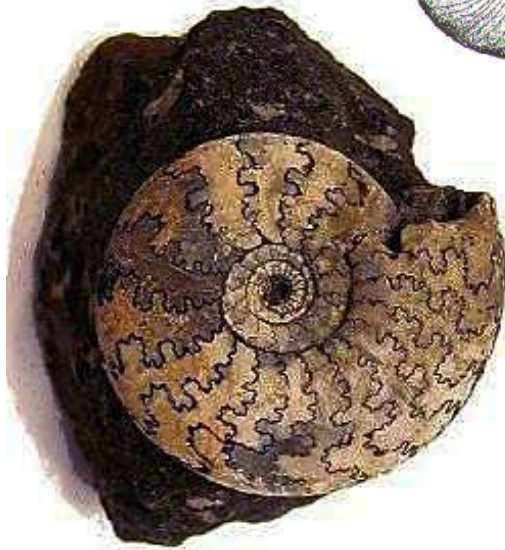


Braquiópode

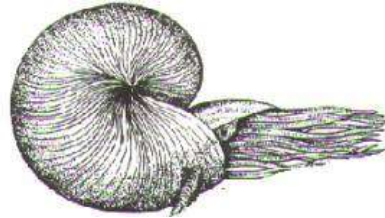
Conchostráceos



c) Univalve: Gastrópodes, cefalópodes e escafópodes;



Cefalópode



Escafópodes



Gastrópode







Gastrópode em ambiente marinho

d) Multielemento  
equinodermes

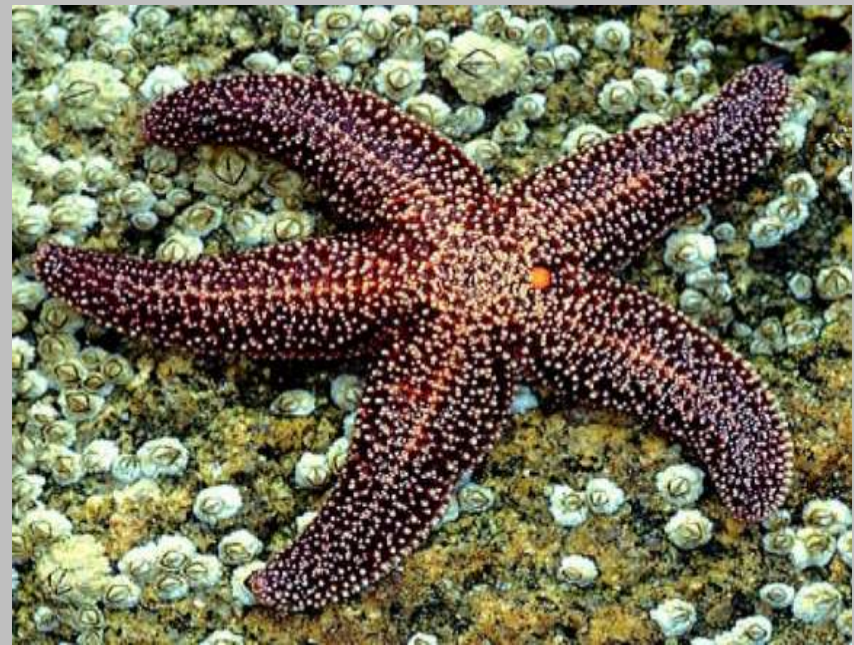


TABELA 1

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

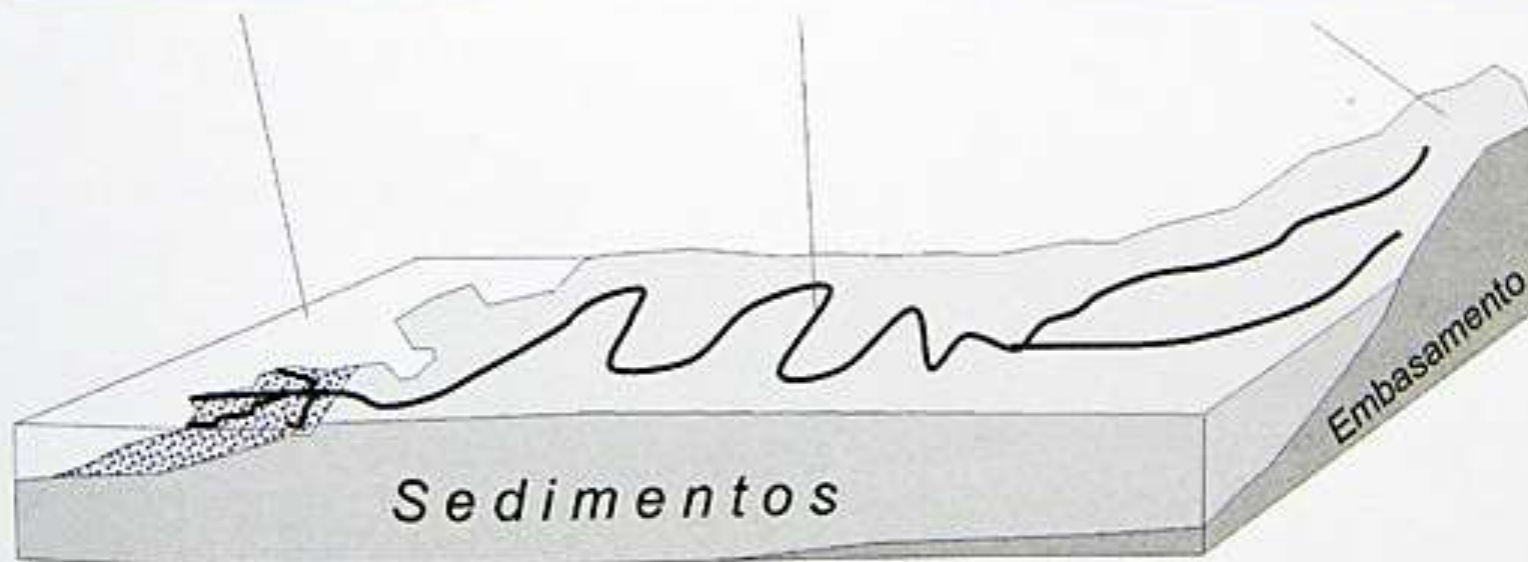
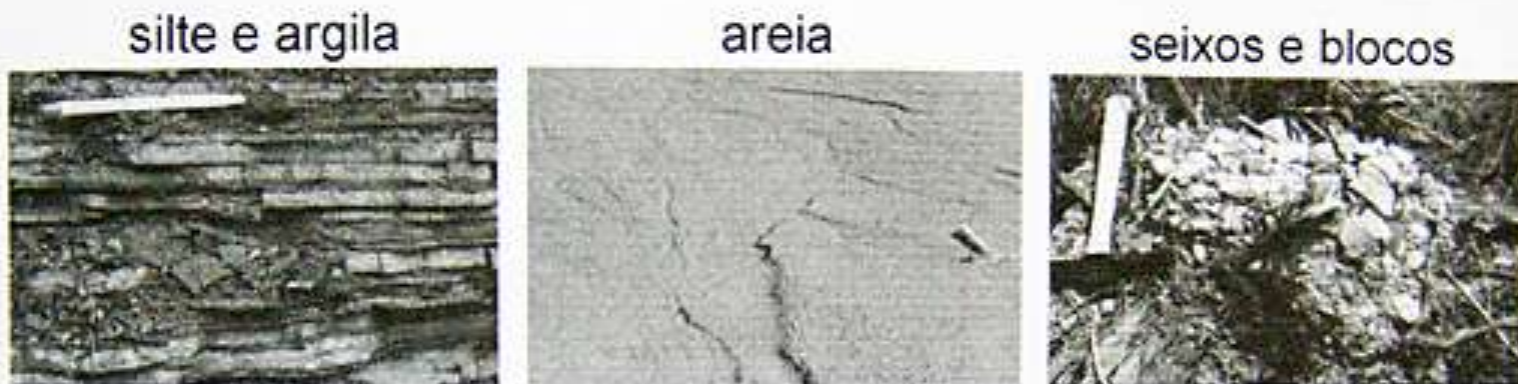
Táxon	Tipo de esqueleto				
	Maciço	Arborescente	Univalve	Bivalve	Multielemento
Corais Rugosa Tabulata	▽ ▽	▽ ▽			
Briozoários Trepostomata Cryptostomata	▽	▽ ▽			
Braquiópodes Inarticulados Articulados			▽ ▽		
Moluscos Pelecípodes Gastrópodes Cefalópodes Esfafópodes				▽ ▽ ▽ ▽	
Artrópodes Trilobitas Ostracodes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

# 4) TRANSPORTE

Área Fonte

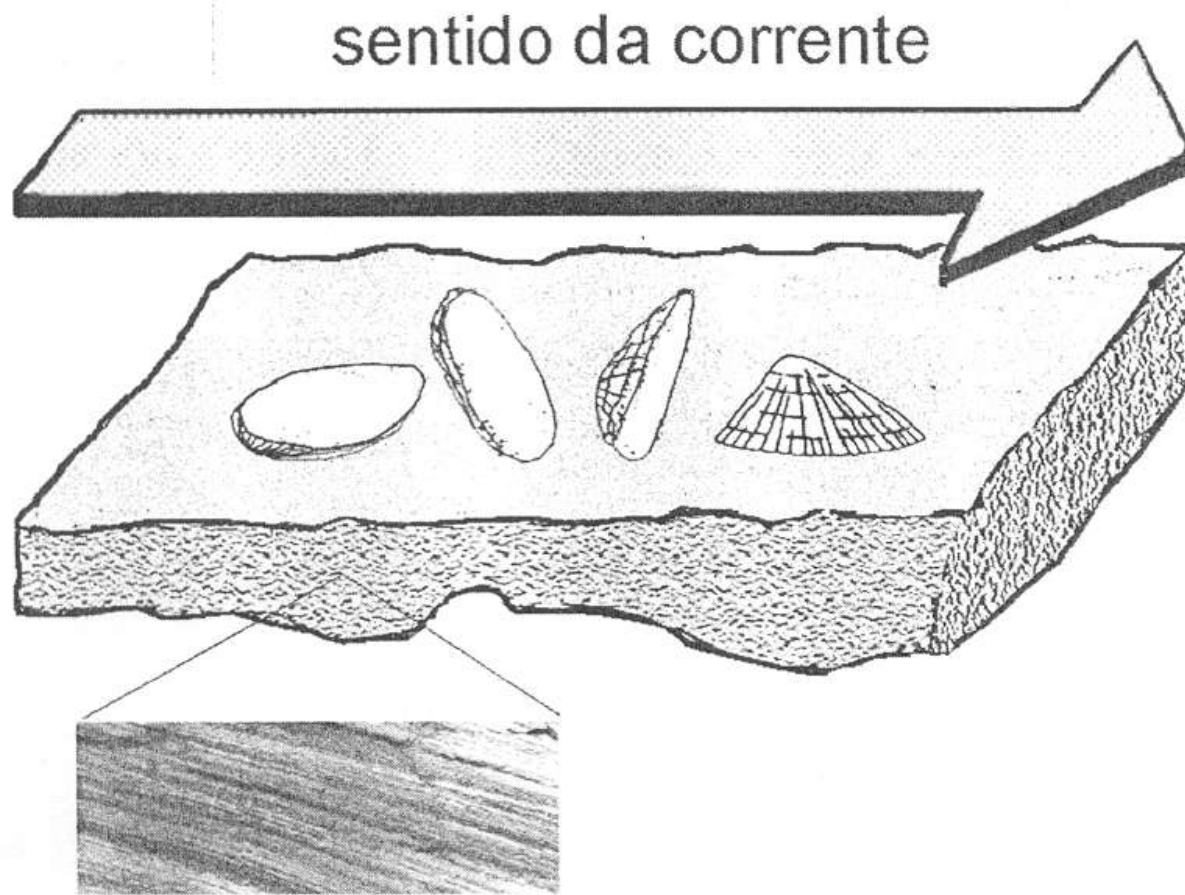


*diminuição da textura do sedimento*

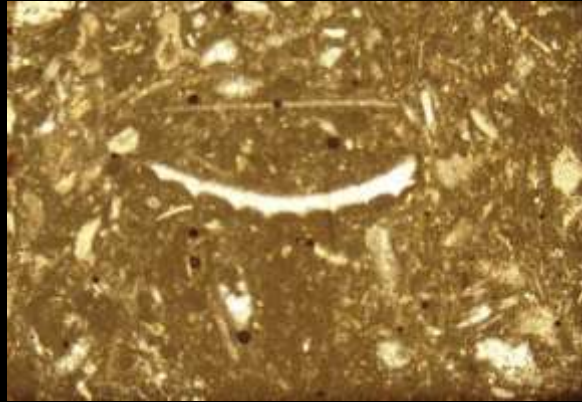


*Figura 15 – Bloco diagrama mostrando de maneira simplificada o padrão textural dos depósitos sedimentares em relação ao distanciamento da área-fonte.*

# TRANSPORTE

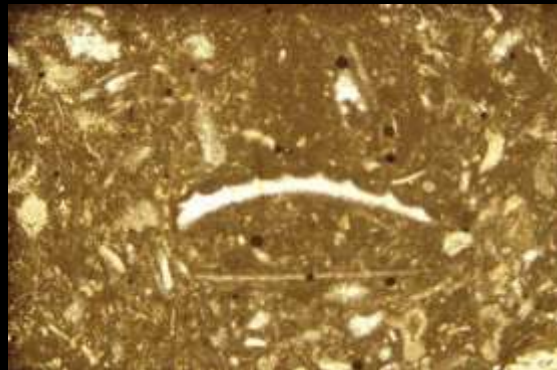


*Figura 20*  
Posição  
de estabilidade  
alcançada por  
uma concha  
sob ação  
de correntes  
de fundo  
(redesenhado de  
Ziegler, 1985).



**-Ausência de força horizontal**

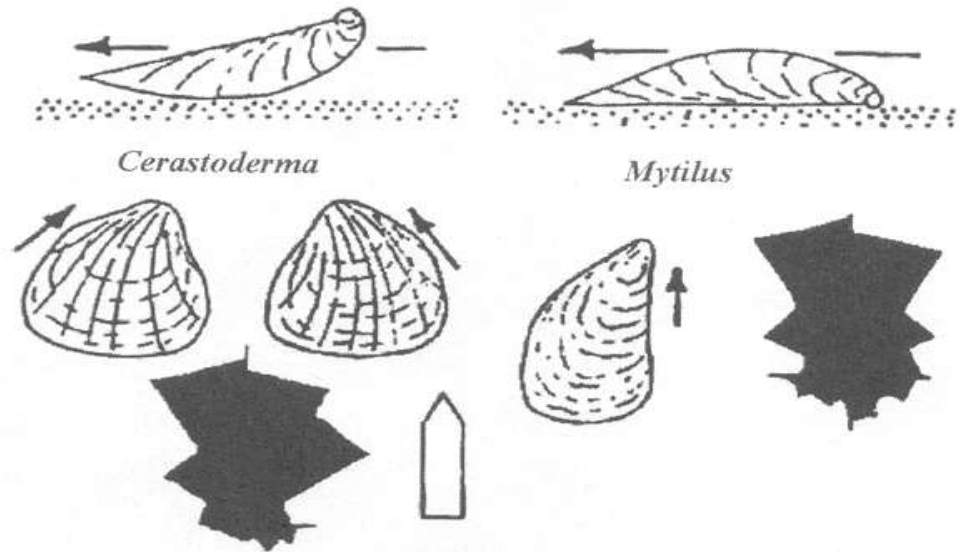
**- Águas calmas (predação, bioturbação)**



**- Correntes tracionais**

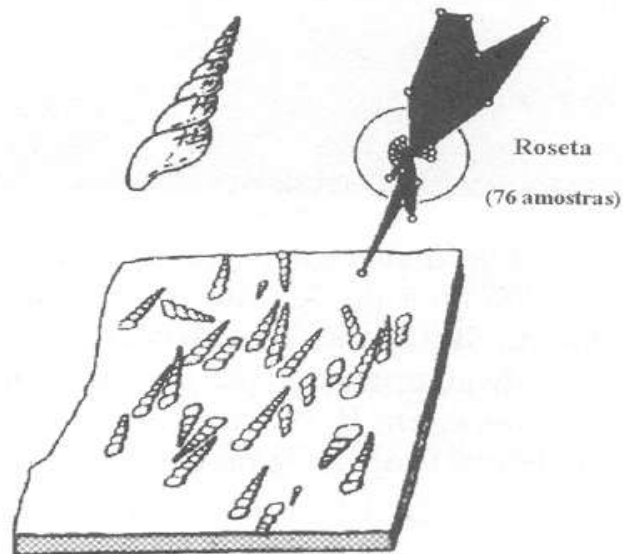
**- Posição mais estável**

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);

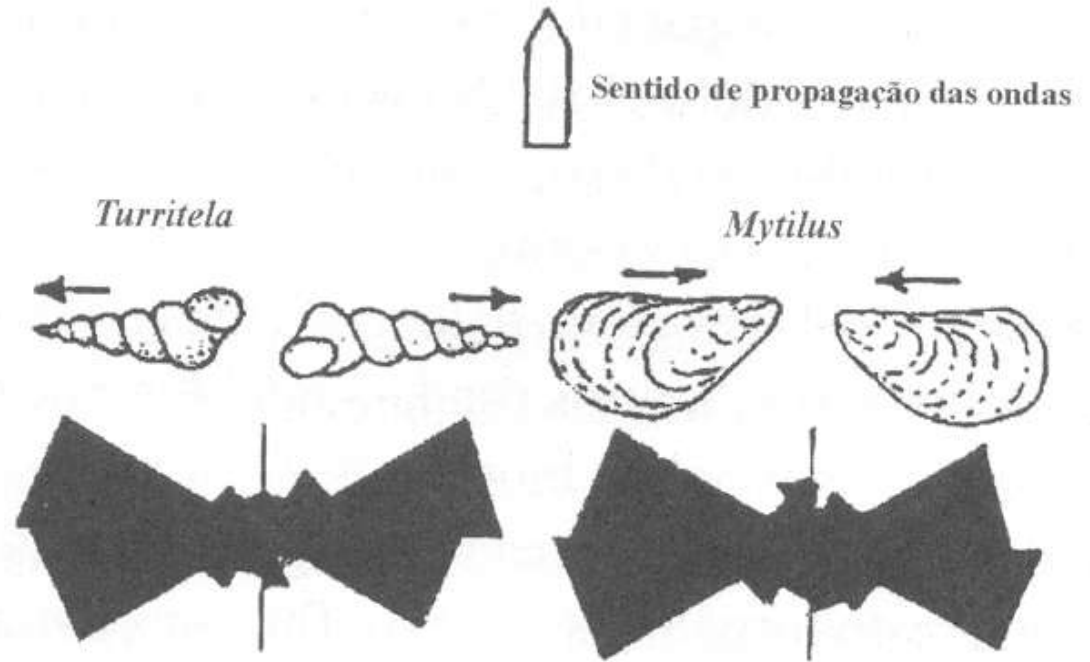




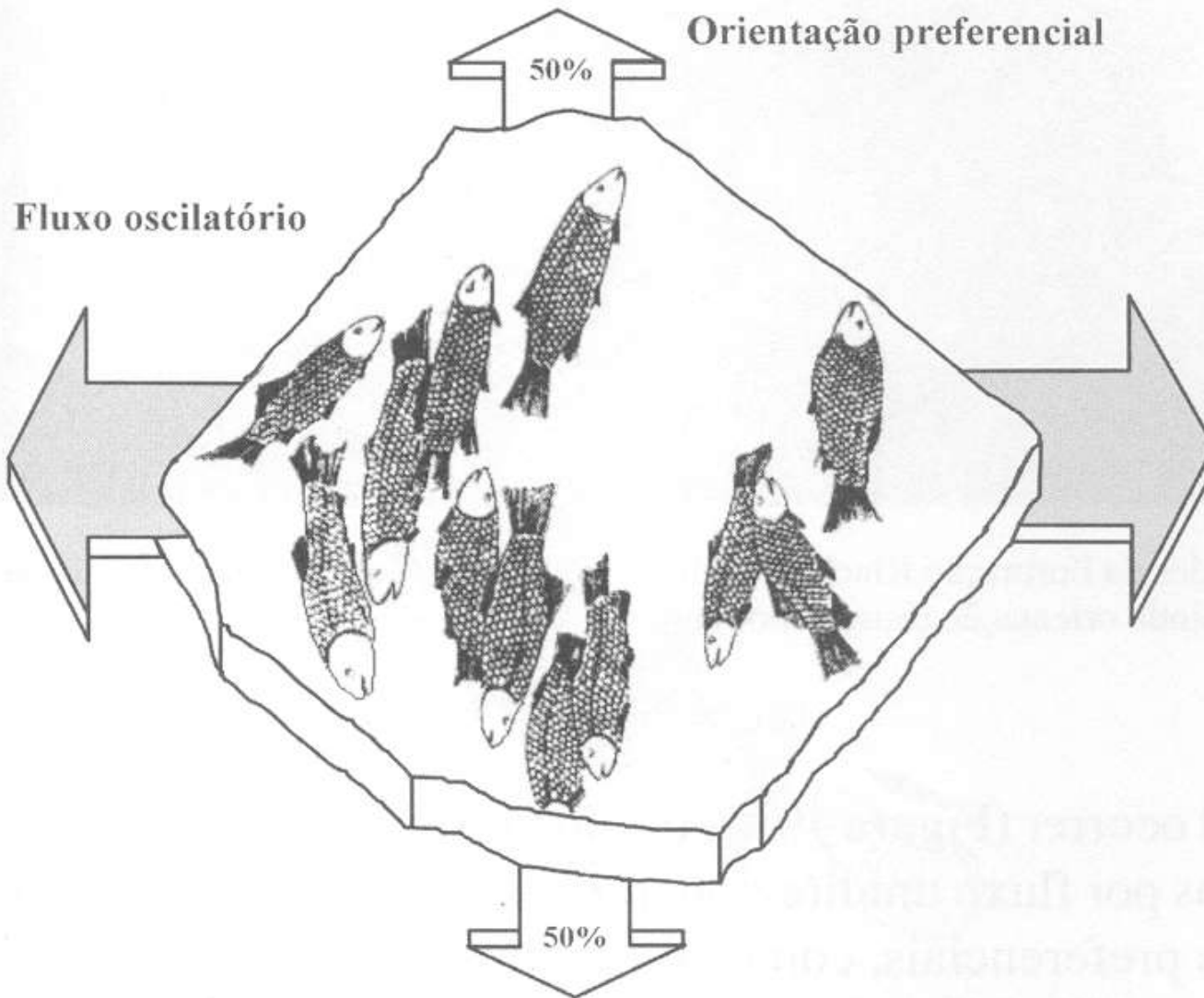
# Fluxo oscilatório (ondas)

## ONDAS

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



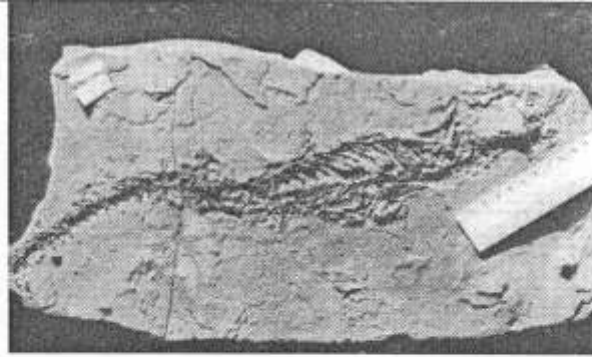
## Fluxo oscilatório (ondas)



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

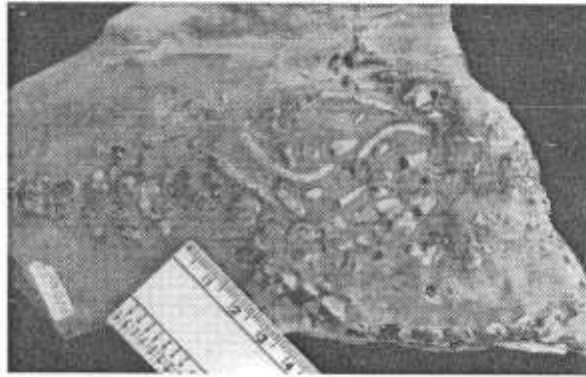
# Classes tafonômicas de vertebrados

**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

Um exemplo de fossilização

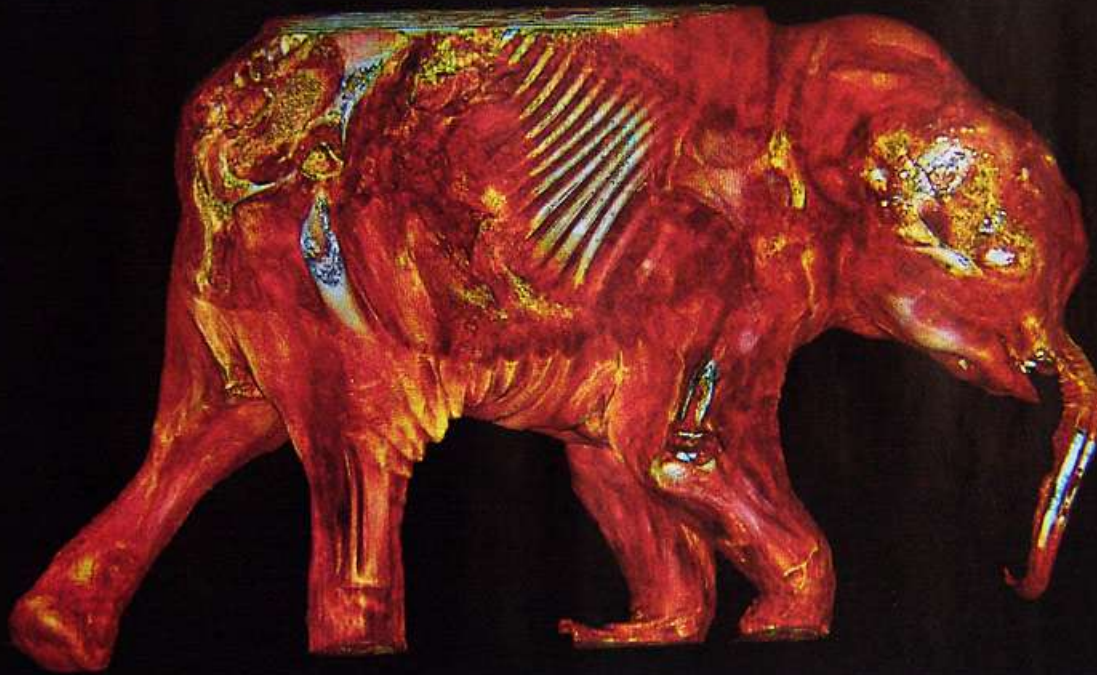




a) Preservação total

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**

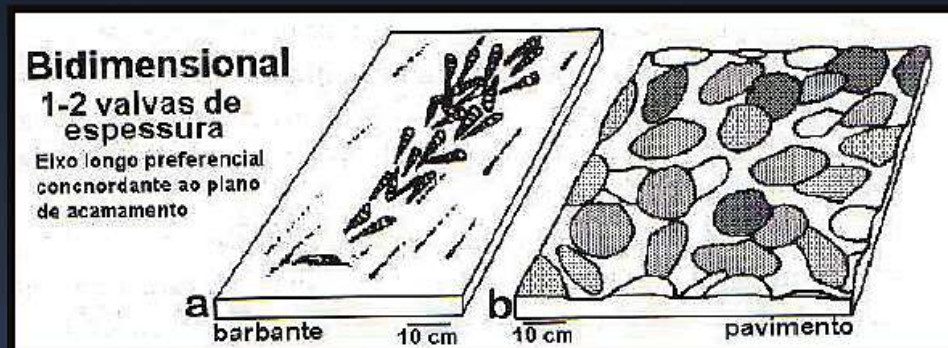
**Feições Paleoecológicas**

**Feições Sedimentológicas**

# Feições Estratigráficas (geometria)

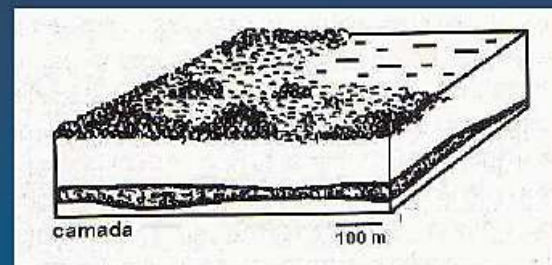
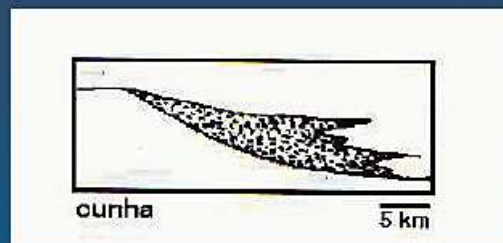
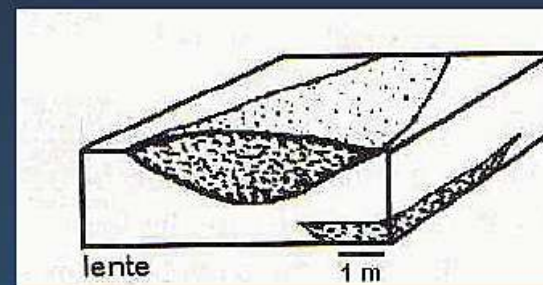
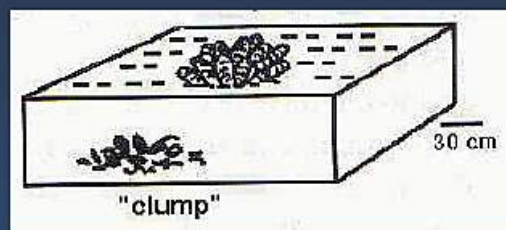
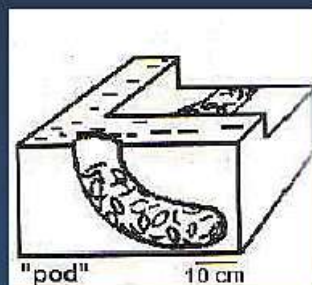
## Concentrações Bidimensionais (pouco espessas)

- 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

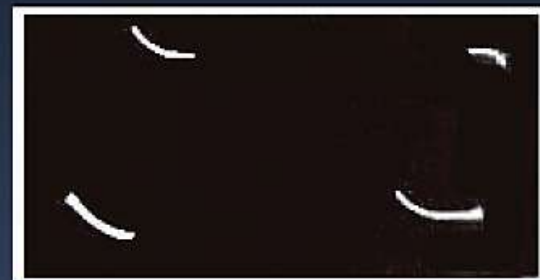
## Grau de empacotamento



Densamente  
empacotada



Fracamente  
empacotada

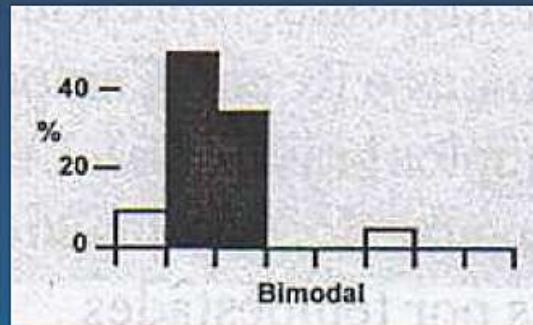


Dispersos

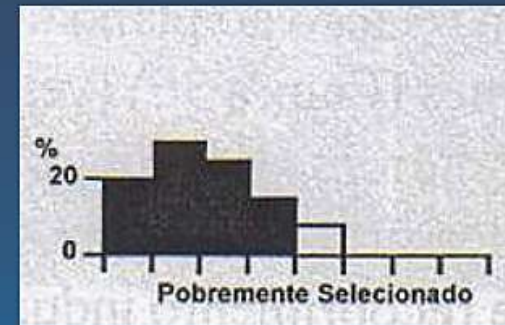
## Seleção de Tamanho



Bem selecionada



Bimodal



Pouco selecionada

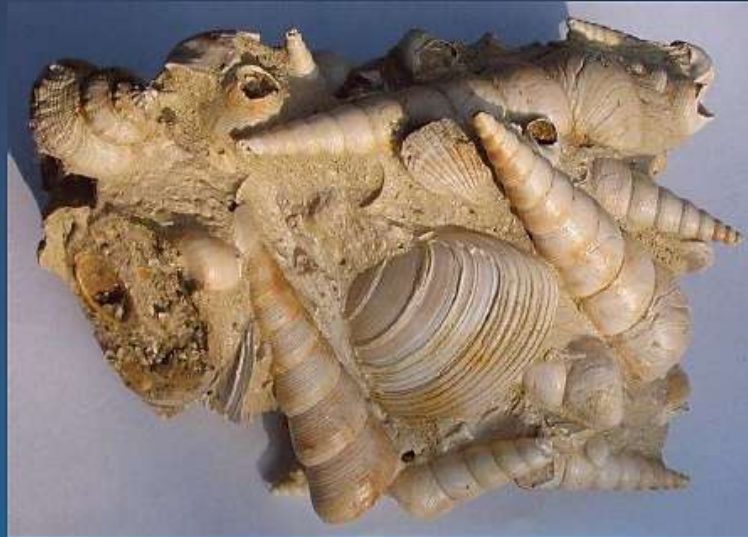


# Orientação em planta



Distribuição unimodal

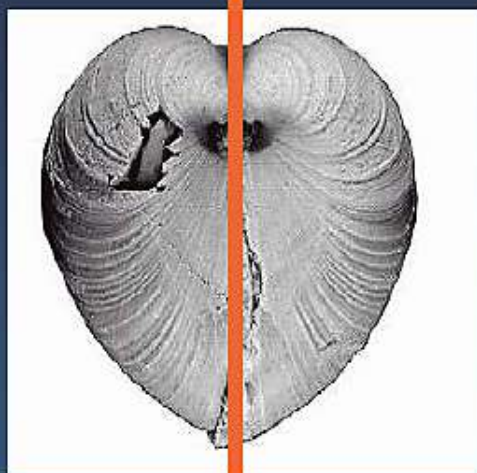
Distribuição polimodal



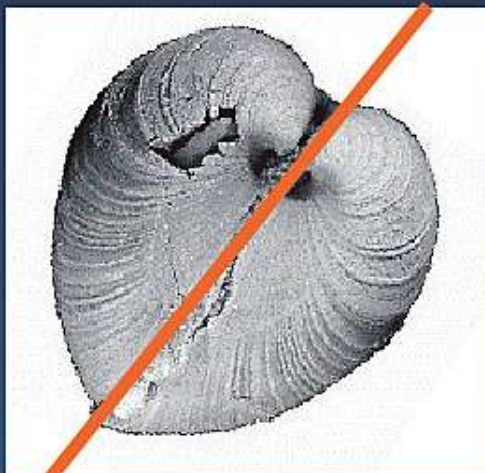
Distribuição bimodal

# Orientação em corte

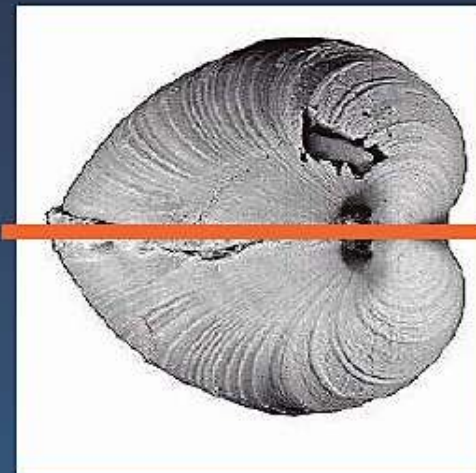
Plano de  
acamamento



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

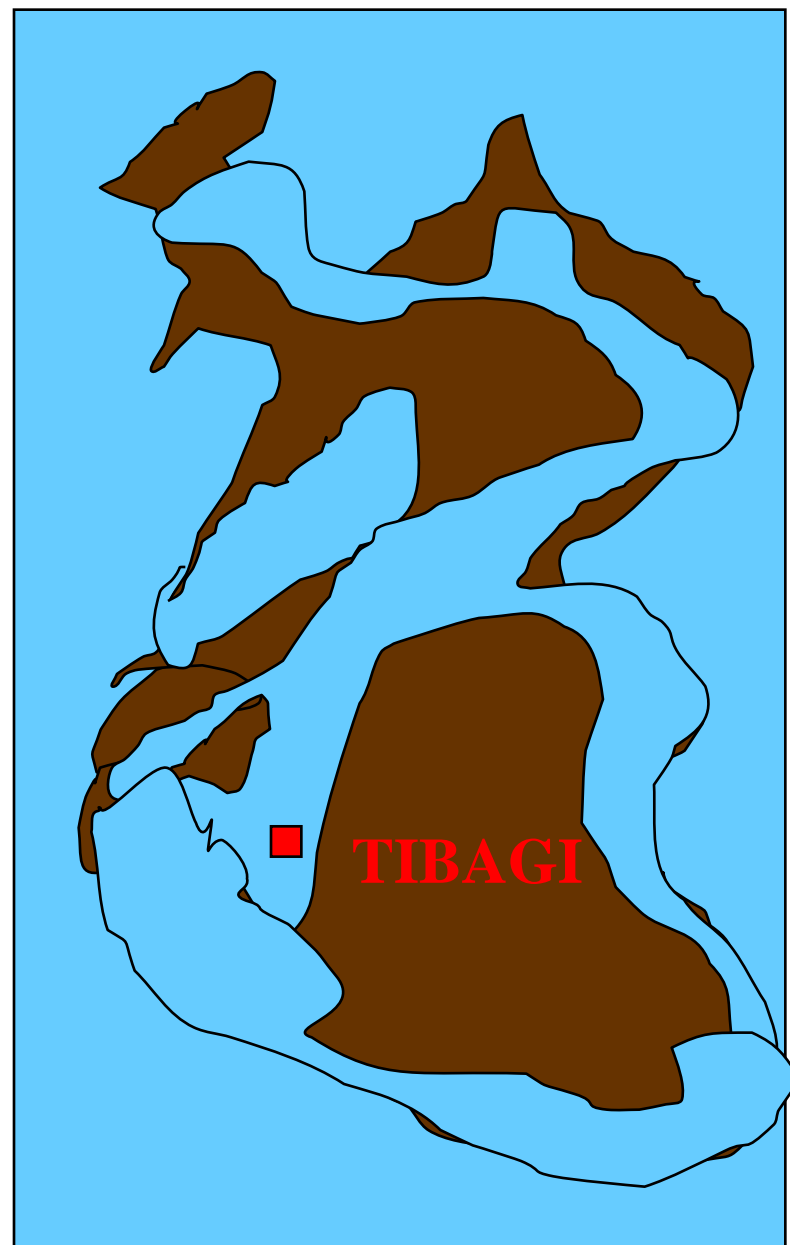
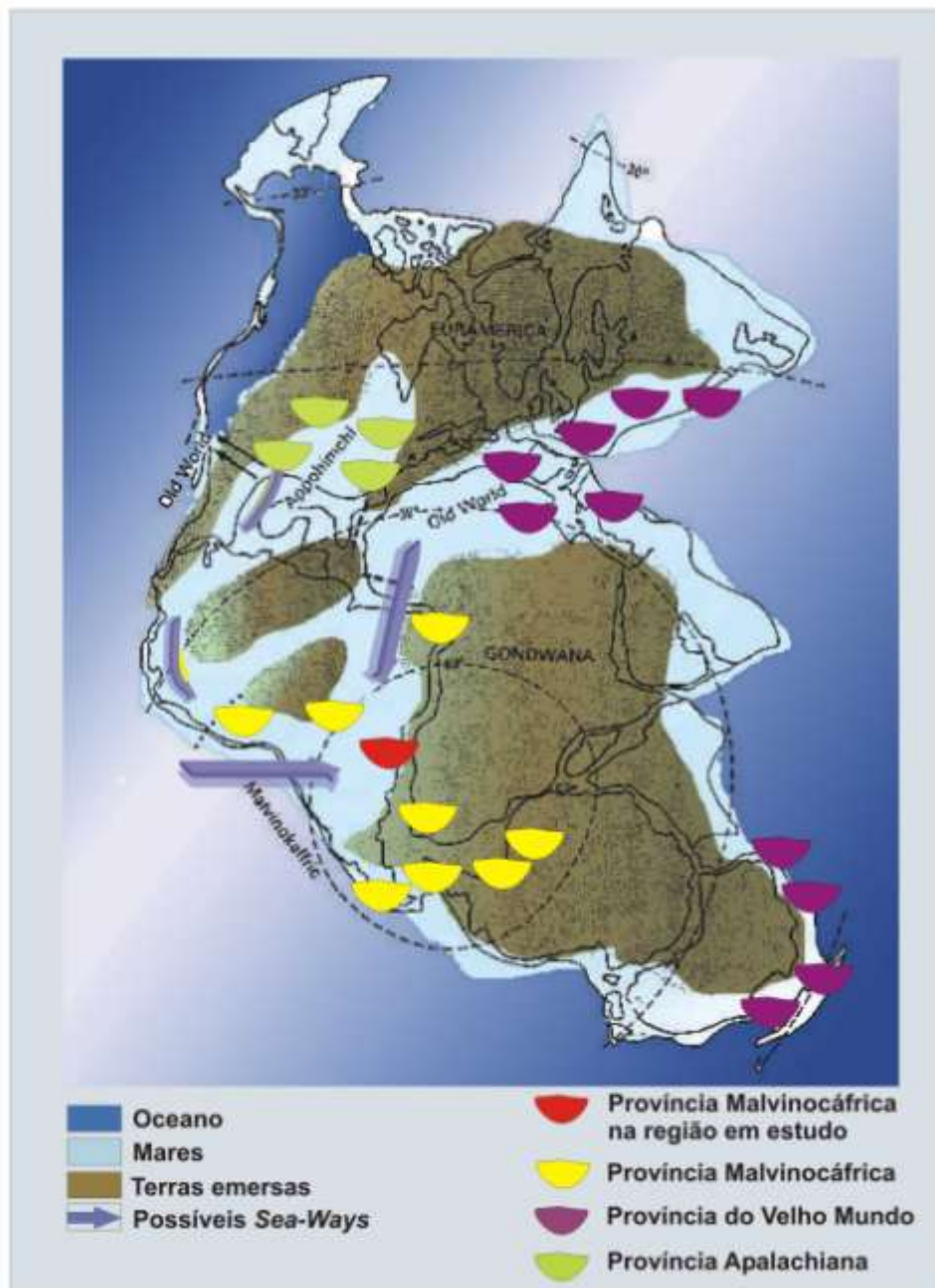
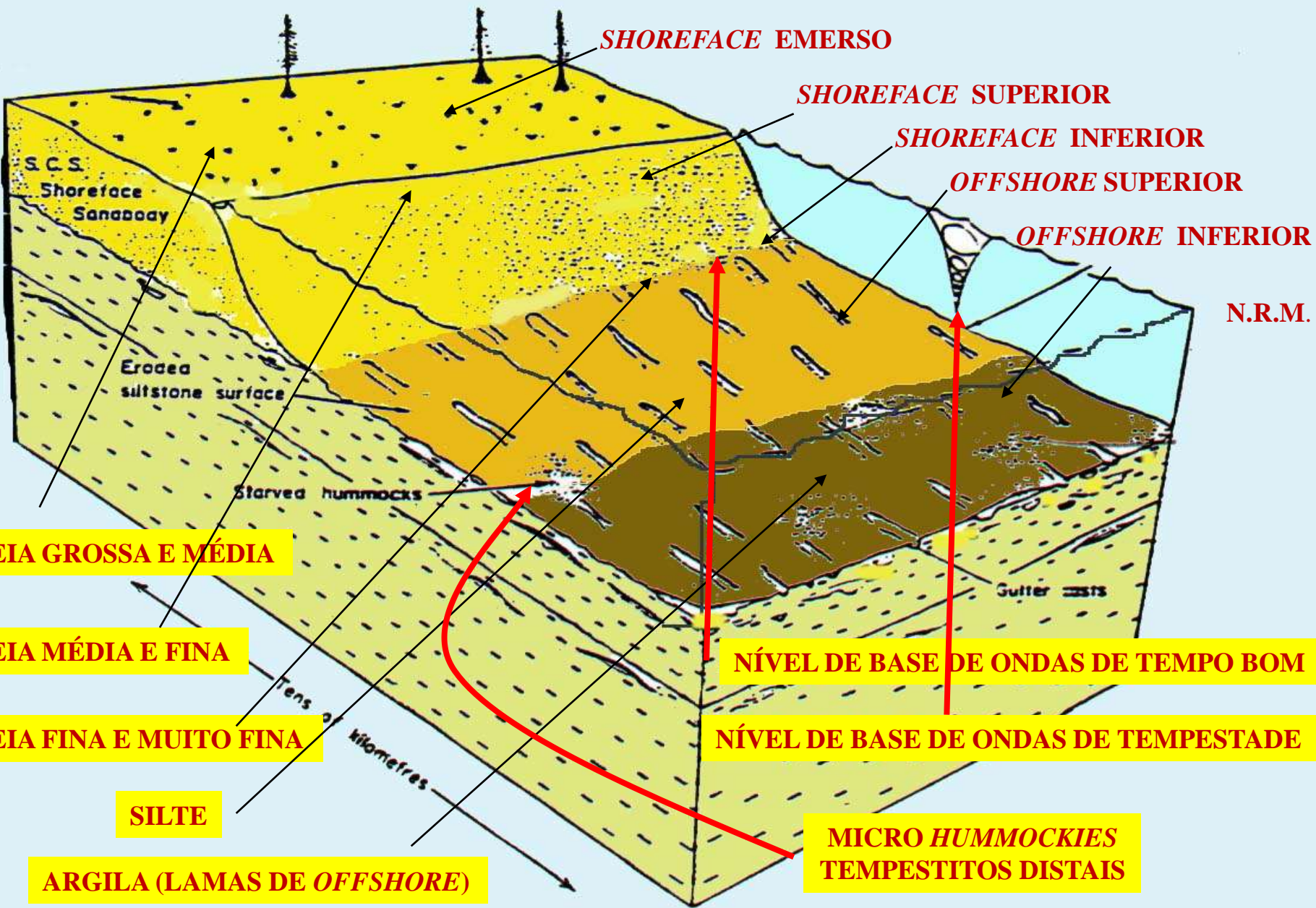
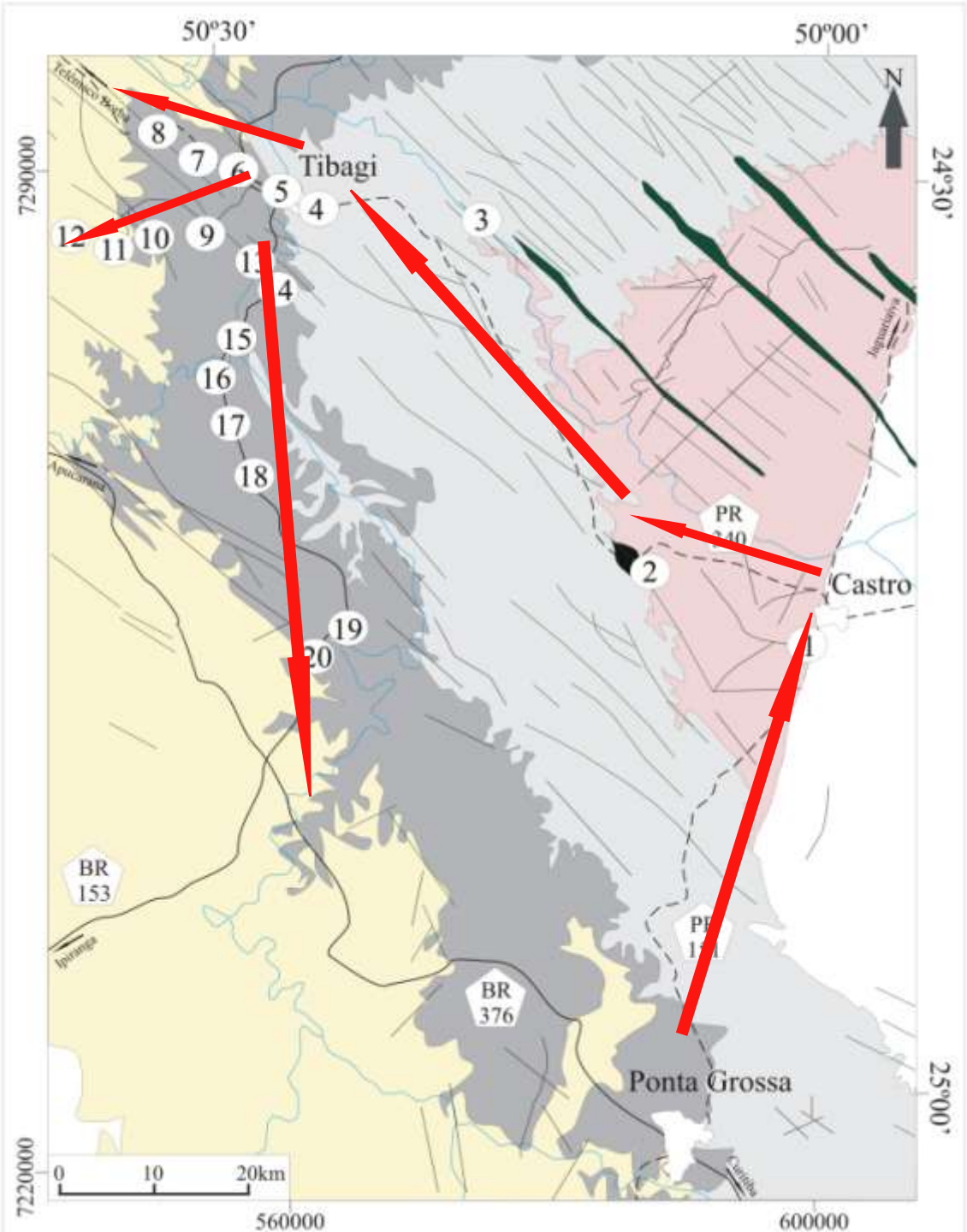


Figura 6 - Paleobiogeografia do Devoniano Médio (invertebrados) - base cartográfica de Young (1990). distribuição da paleofauna baseada em Boucot e Johnson, 1973.



- 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)