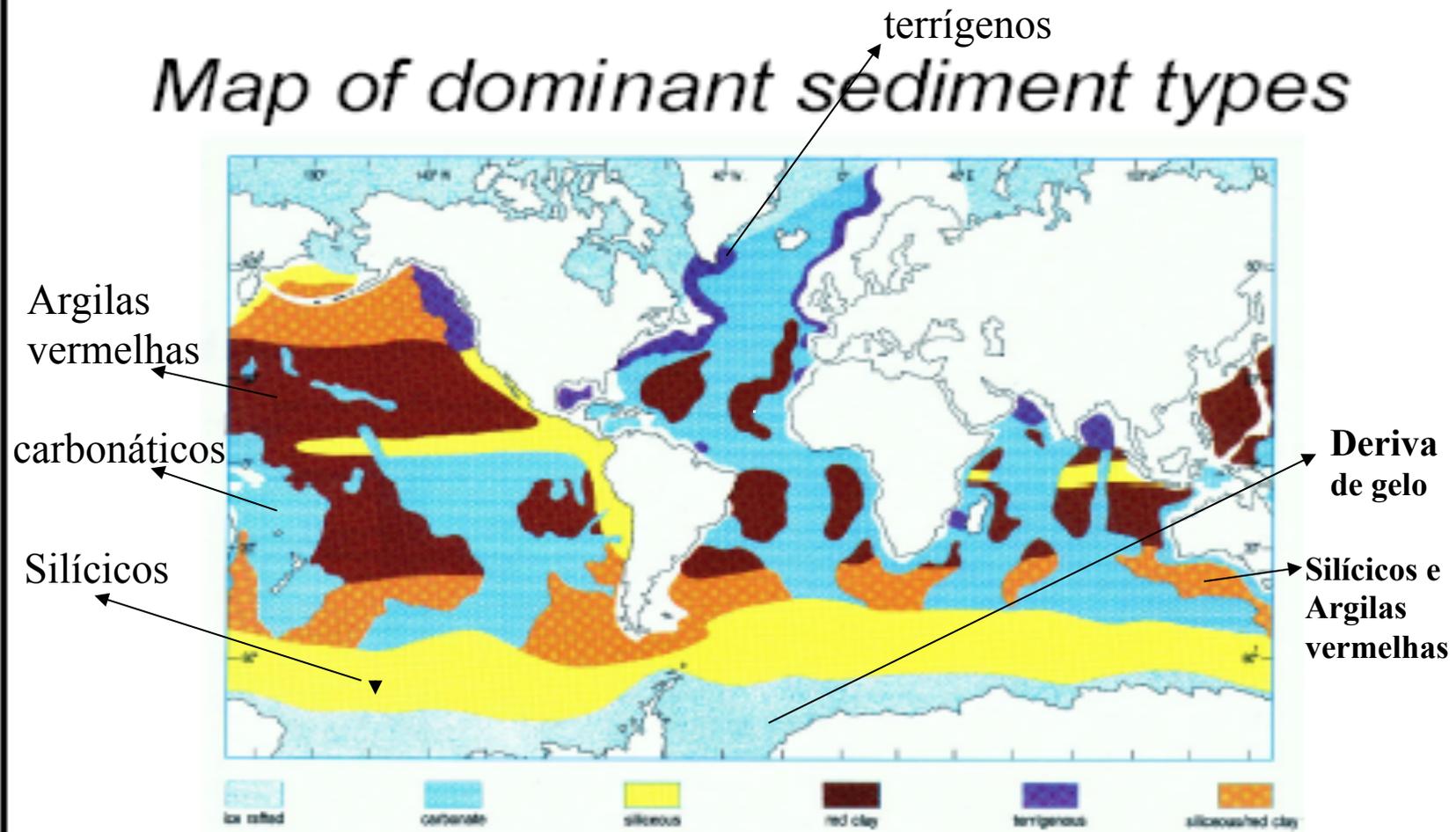


Sedimentação marinha

Map of dominant sediment types



Principais feições da sedimentação marinha

- Carbonato de cálcio domina acima de 4000 m
- Argilas finas dominam no oceano profundo
- Sedimentos silicícios dominam no sul dos oceanos, nas regiões equatoriais e no Norte do Pacífico
- Sedimentos glaciais depositam-se nas altas latitudes e especialmente ao redor da Antártica.

- Fatores responsáveis por estes padrões ?

Sedimento: Definição

- Material sólido que se depositou do estado de suspensão de um líquido.
- Geralmente, material sólido fragmentado transportado e depositado por água, vento, gelo, precipitação química de soluções ou secretado por organismos (geralmente carapaças de organismos mortos).
- Produzidos pelo intemperismo de rochas tais como o granito ou basalto
- Sedimento pode ser mineral ou orgânico.

Classificação dos sedimentos marinhos

-tamanho das partículas

-modo de formação-origem do depósito

- Tamanho do grão: cascalho, areia, silte, argila, colóides
- Com base na origem do depósito: Terrígenos, Biogênicos, autigênicos, vulcanogênicos, cosmogênicos.
- N.B. relação entre as classificações: areia e lama separados com base no tamanho pode ser terrígena, biogênica, autigênica etc..
- Aplicações em Oceanografia: Mapeamento, dinâmica do ambiente, geologia do petróleo, recursos minerais do mar.

Fatores que controlam a sedimentação

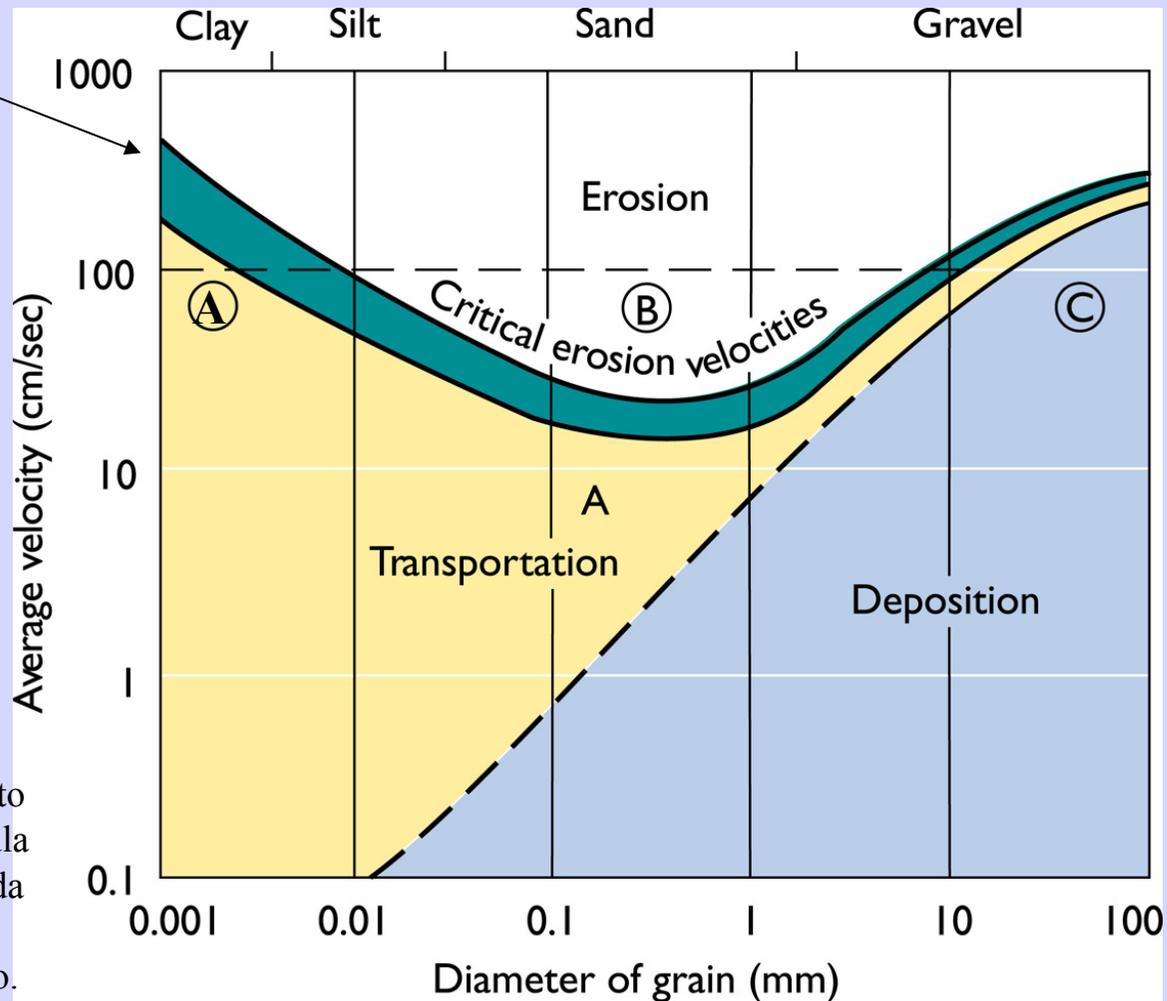
- Principais fatores que controlam a natureza de um depósito sedimentar são:
 - a distribuição do tamanho das partículas
 - as condições de energia no local de deposição
 - área fonte : Proximidade e natureza
 - clima
 - oceanografia física (circulação) tanto superficial quanto profunda
 - Produtividade biológica
 - Condições químicas

Desde que distribuição do tamanho das partículas e energia interagem para produzir as propriedades de um depósito sedimentar, pode-se deduzir quais eram as mesmas na época da deposição, ou mesmo em sedimentos antigos

- Se a **erosão das rochas foi lenta**, a taxa de suprimento é baixa e o sedimento pode ser retrabalhado antes de ser soterrado por sedimentos mais jovens (Uma baixa taxa de sedimentação proporciona maior oportunidade para a água selecionar os grãos de acordo com seu tamanho, forma e densidade---pode resultar em depósitos de **lama e areia bem selecionados**)
- **Rápida erosão** fornece sedimentos a uma alta taxa. Correntes tem pouco tempo para selecionar os grãos antes que os mesmos sejam soterrados—pode resultar em **depósitos mal selecionados** e heterogêneos tais como mistura de areia e cascalho.

- **O tamanho médio das partículas de um depósito é proporcional ao nível de energia presente no momento da deposição---sob condições de alta energia, existe muita turbulência, os grãos finos são mantidos em suspensão e a alta energia ressuspende partículas que depositam momentaneamente .**
- **A agitação constante no fundo separa grãos menores e os transporta para águas mais calmas que geralmente são mais profundas que águas turbulentas. Assim, uma areia grossa (em vez de média ou fina), é depositada sob condições de alta energia.**
- **Ambientes de baixa energia, onde as correntes são fracas e as águas calmas,não recebem suprimento de material mais grosso uma vez que as correntes fracas não podem transportar esse material para tais locais. Lama se acumula nestes locais.**
- **Conseqüentemente , o tamanho médio dos grãos de um depósito sedimentar serve como uma medida da energia do ambiente na época da deposição.**
- **Sedimentos finos----condições de baixa energia**
- **Sedimentos grossos---condições de alta energia**
- **Em laboratório:---relação entre tamanho de grão x velocidade das correntes a qual especifica se determinados tamanhos de partículas vão ser erodidas, transportas ou depositadas-----DIAGRAMA DE HJULSTRÖM.**

coesão



Para areia e cascalho, quanto maior a partícula maior a veloc da corrente para produzir erosão.

1000 cm/s erode tudo
100 cm/s: argila (A) vai ser transportada mas não erodida.
Grãos entre silte e e cascalho fino (B) vão ser erodidos e
Cascalho grosso (C) vai ser depositado.
10 cm/s é fraca para erodir qualquer tipo de sedimento entretanto pode transportar areia, silte e argila, desde que estejam em suspensão, mas não cascalho, que vai ser depositado.

2 CURVAS: TRES CAMPOS DISTINTOS: erosão, transporte e deposição

A curva superior especifica a velocidade que uma corrente deve ter para erodir vários TG.

A curva inferior mostra que :argila uma vez erodida e em movimento (não areia fina) pode ser transportada por correntes fracas (velocidade de sedimentação depende do diâmetro).

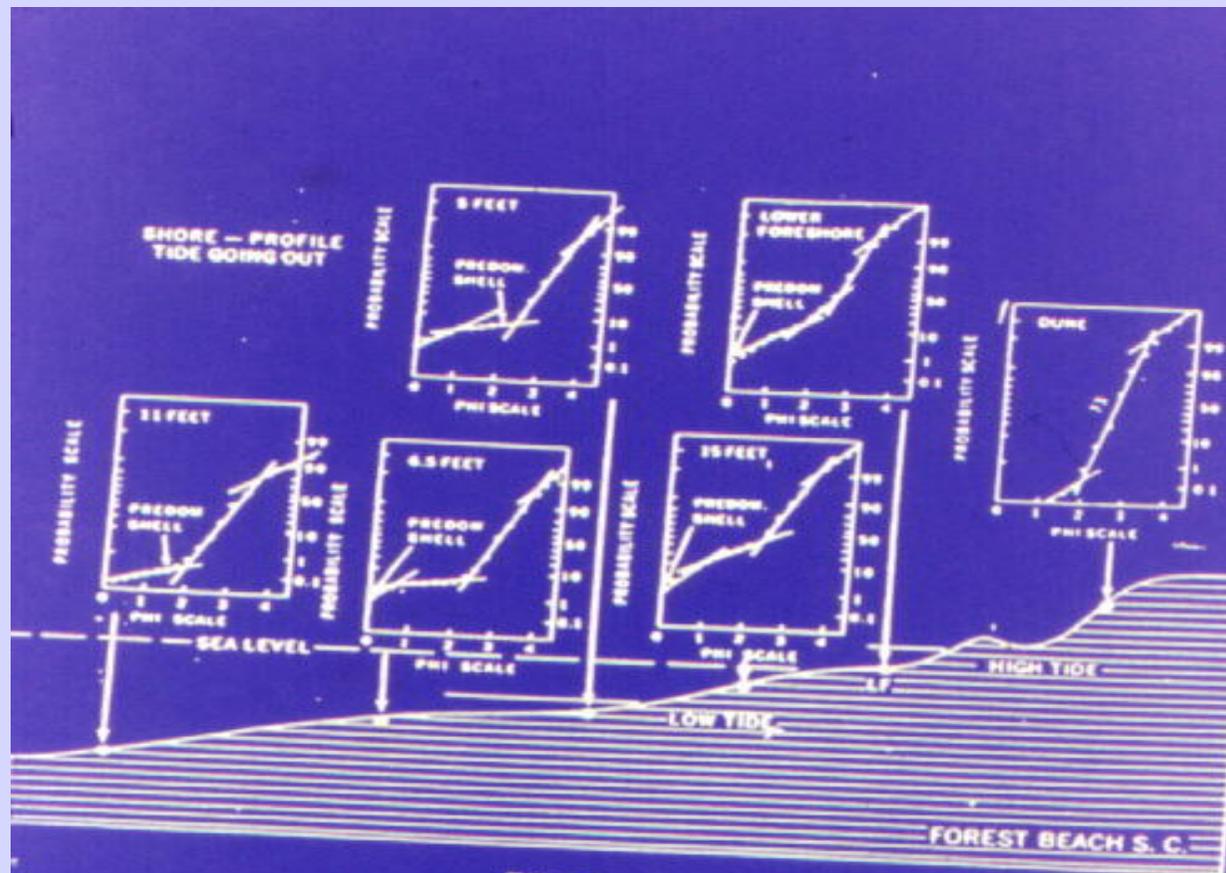


FIG.2 from Visher (1969)

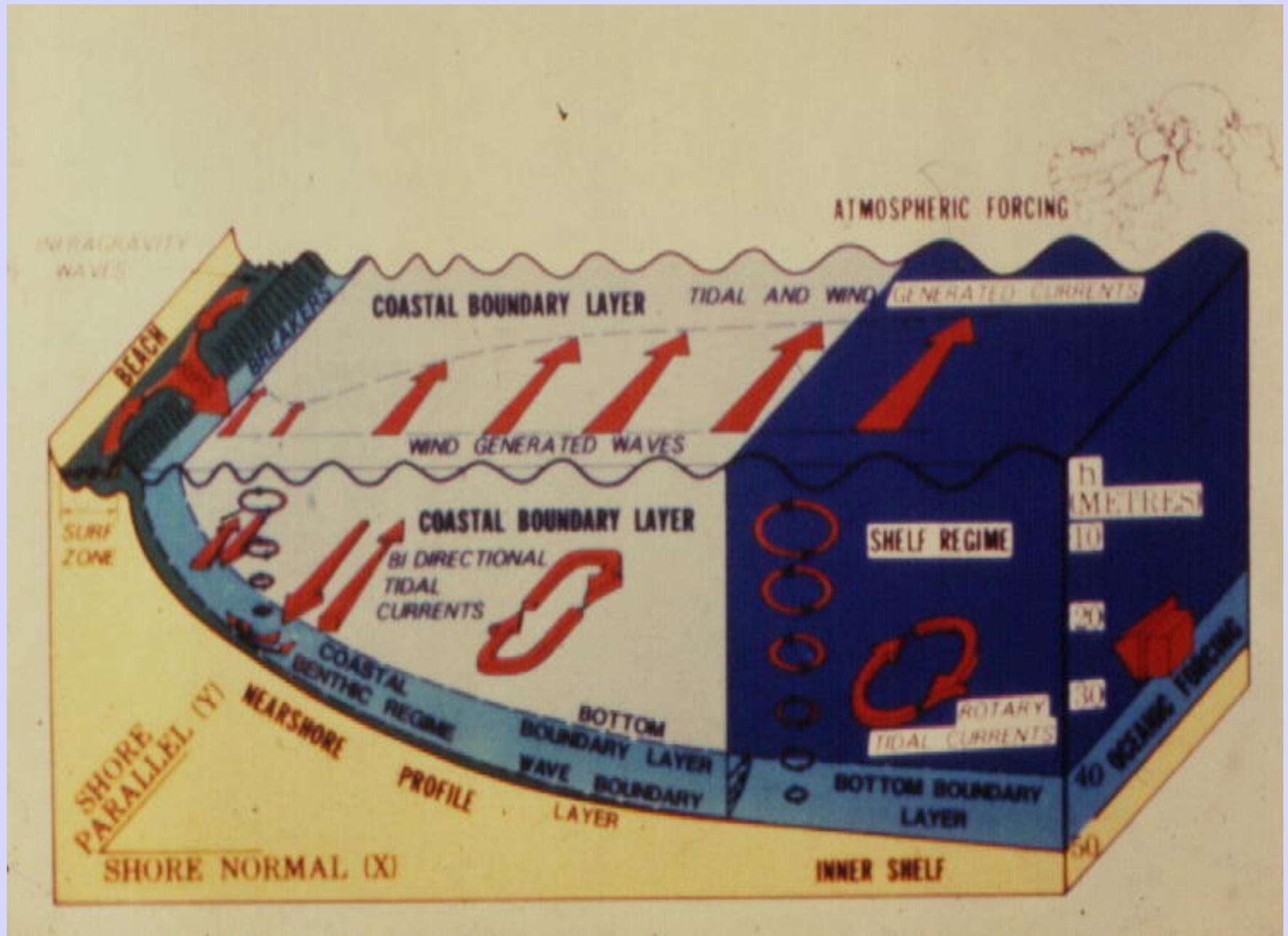
Sedimentação Oceânica

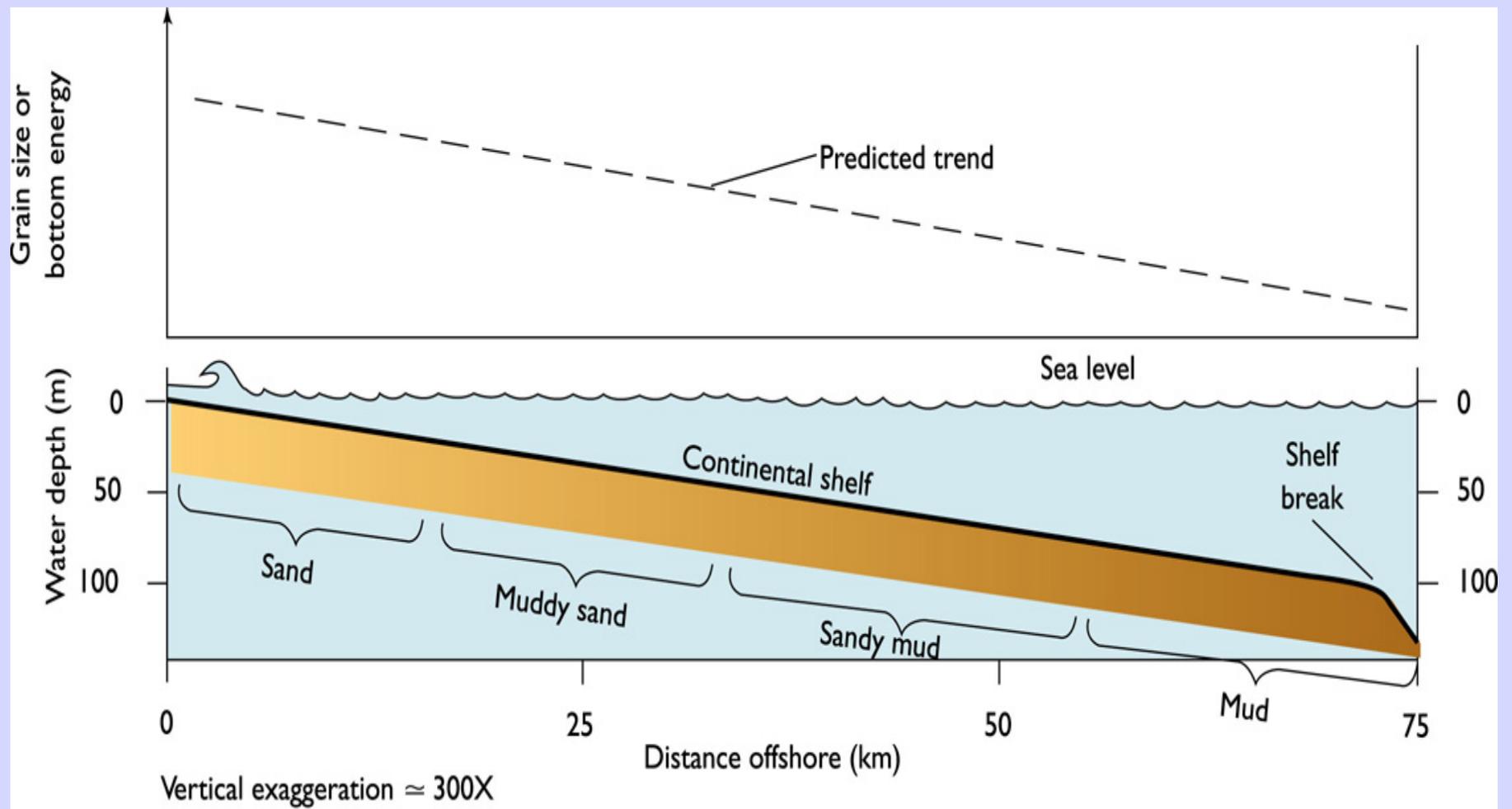
- Com base na profundidade da lâmina d' água
 - sedimentação de plataforma (próximo a fonte de sedimentos terrígenos—rios, geleiras)
 - sedimentação de oceano profundo—longe de sedimentos terrígenos

Os processos são muito diferentes nestas duas áreas

Sedimentação na plataforma

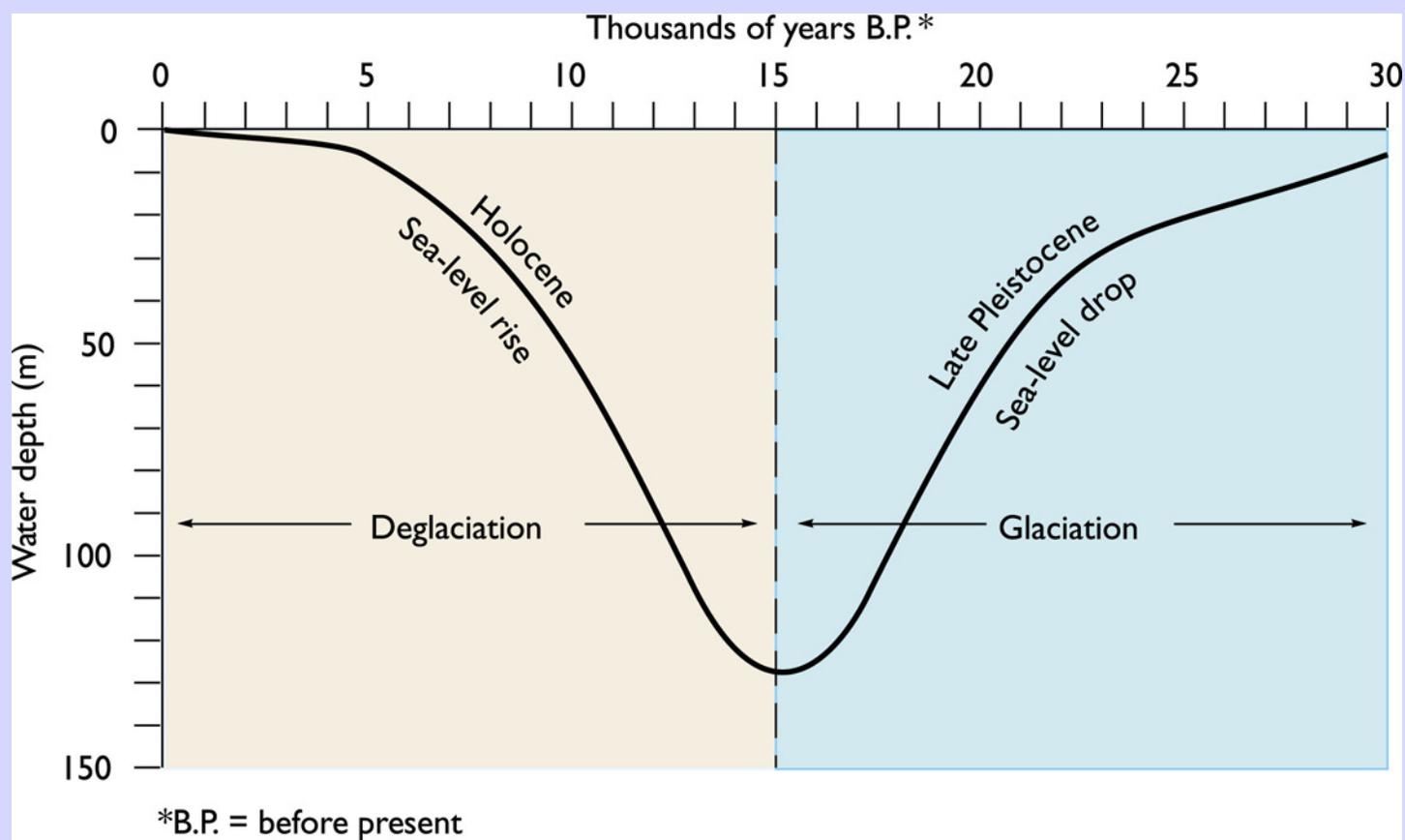
- Na linha de praia---arrebentação----alta energia---suspende e remove todos os sedimentos finos permitindo areia média, grossa e cascalho se depositarem na praia e ante-praia----A MEDIDA QUE A ENERGIA DECRESCER EM DIREÇÃO AO MAR ABERTO---tamanho de grão diminui (areia lamosa, lama arenosa e lama).
- Existirá um decréscimo em tamanho de grão a medida que a profundidade aumenta SE O NÍVEL DO MAR PERMANECESSE FIXO AO LONGO DO TEMPO.





(a) MODEL PREDICTION OF SHELF SEDIMENTS

- Entretanto sabemos que devido a glaciações e degelos no passado geológico recente, o nível do mar variou, subindo (transgressões) e descendo (regressões).



(b) POSITION OF SEA LEVEL FOR PAST 30,000 YEARS

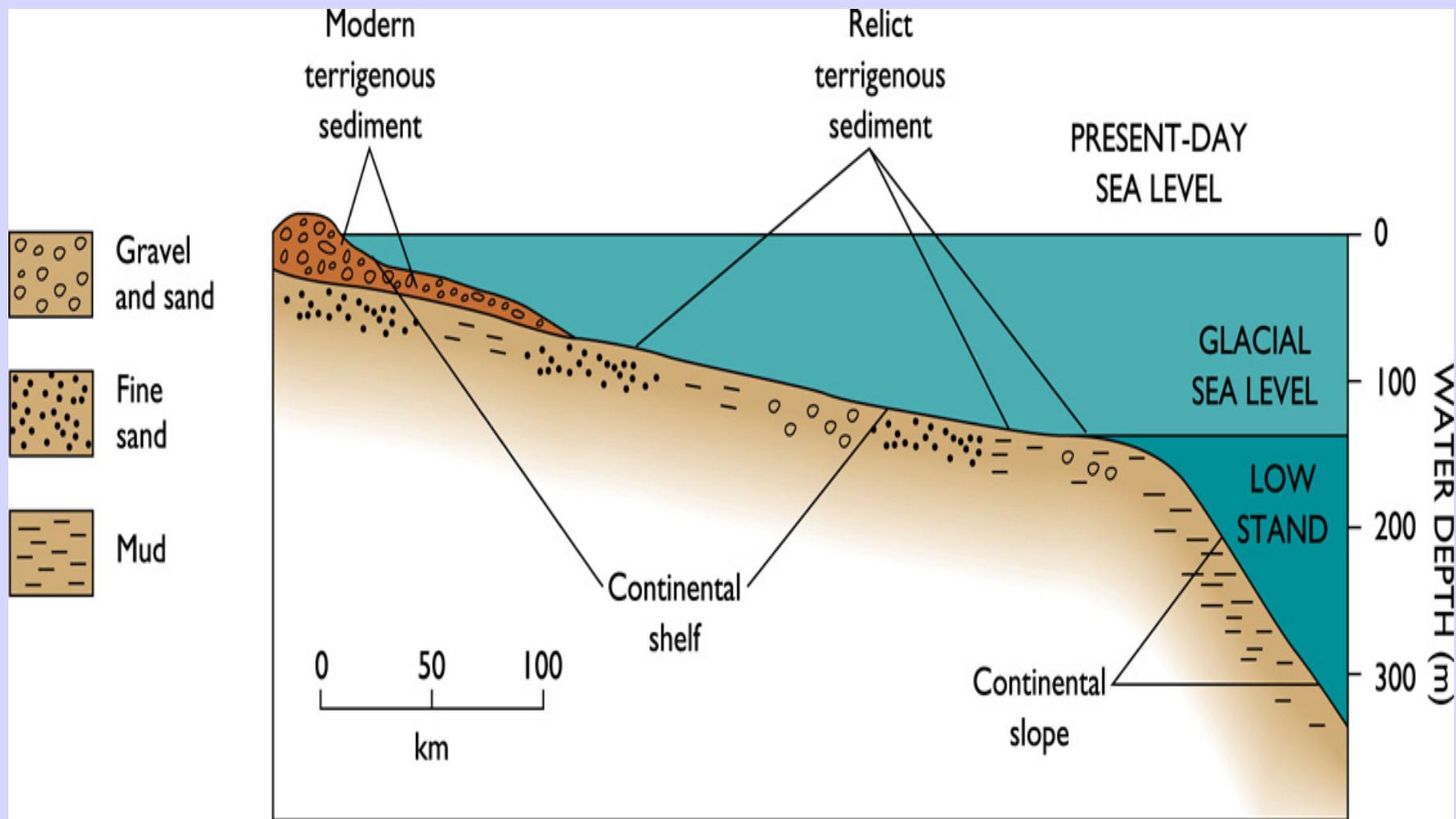
15.000 anos atrás, a linha de praia estava localizada em relação a atual várias centenas de quilômetros em direção ao mar aberto, praticamente na borda da plataforma continental.

- **Consequentemente, as praias estavam deslocadas cerca de 150 Km offshore (por exemplo N.York) e cerca de 300 Km ao sudeste do Texas.**
- **A partir de 15.000 anos atrás as geleiras iniciaram sua fusão. Como a linha de praia avançou sobre a terra, areia grossa e mesmo cascalho depositaram-se na plataforma externa devido as baixas profundidades que existiam no passado.**
- **O nível do mar ainda está aumentando em todo o mundo e mais terra será inundada se as calotas polares se fundirem.**
- **A premissa original que tamanho de grão varia sistematicamente com a profundidade parece válida.**
- **Águas rasas sobre a plataforma interna---tendem a ser ambientes de alta energia onde sedimentos grossos se acumulam**
- **Águas profundas sobre a plataforma externa tendem a ser ambientes de baixa energia onde sedimento fino é depositado.**

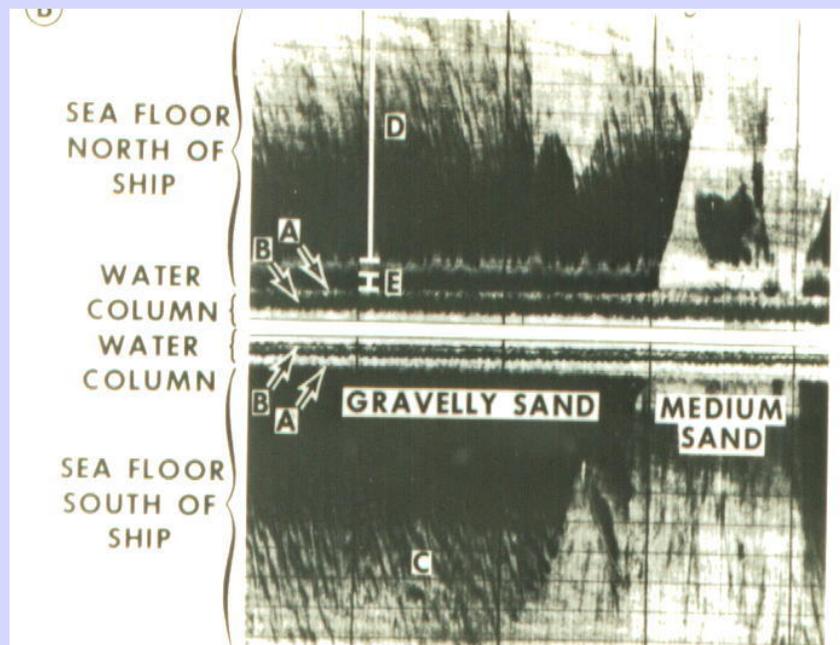


(a) COASTLINES PAST AND FUTURE

- Entretanto devemos considerar as flutuações do nível do mar que fazem com que a profundidade em qualquer ponto da plataforma continental varie em função do tempo----Isto explica porque lençóis de sedimentos grossos (areia e mesmo cascalho) cobrem a plataforma externa onde as águas são profundas e existe pouca energia no fundo.
- Esses sedimentos grossos depositados nos 2/3 da plataforma externa não estão em equilíbrio com as baixas condições energéticas que lá existem no momento. ***São chamados de SEDIMENTOS RELÍQUIAS porque se acumularam em tempos pretéritos e sob diferentes condições deposicionais muito diferentes.***
- Contrariamente os sedimentos arenosos de grossos a finos que cobrem 1/3 da plataforma são sedimentos modernos em equilíbrio com as condições energéticas do fundo. Ainda falta tempo geológico para que os sedimentos finos ultrapassem a banda interna de areia moderna depositando-se offshore e assim vindo a cobrir os sedimentos relíquias.



(b) RELICT SEDIMENT



Prospecção geológica e geofísica Sonar de varredura lateral (Side Scan Sonar)

- **Utiliza sinais acústicos entre 6 e 500 kHz emitidos lateralmente**
- **Gera imagens sonográficas resultado da interação entre os sedimentos do fundo e o sinal acústico**

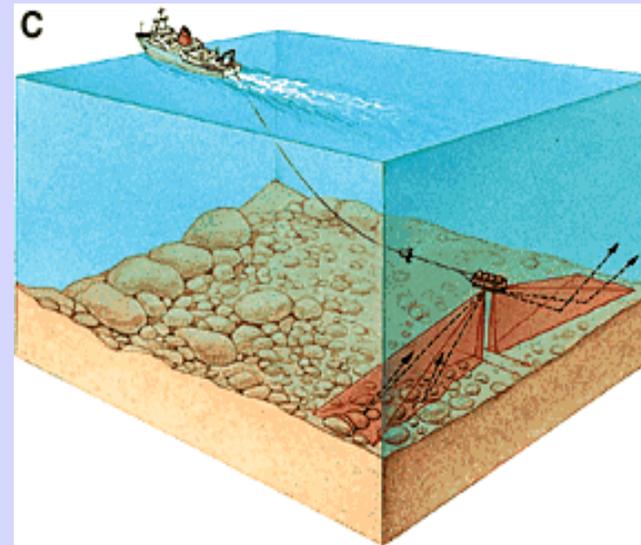
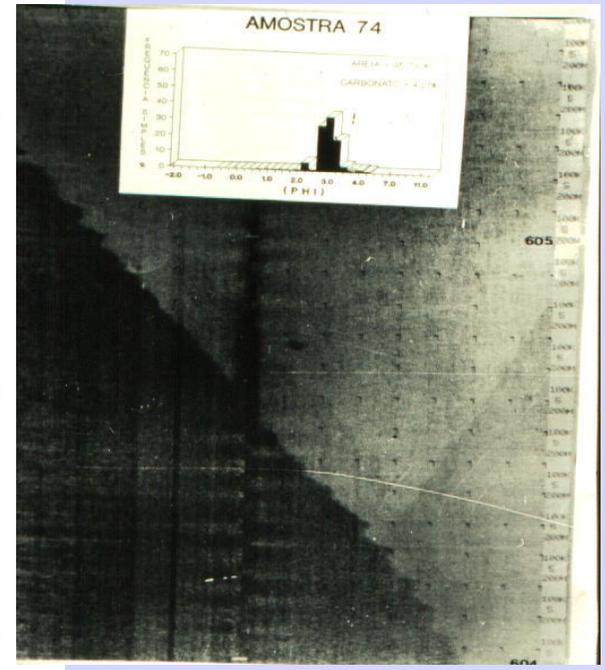
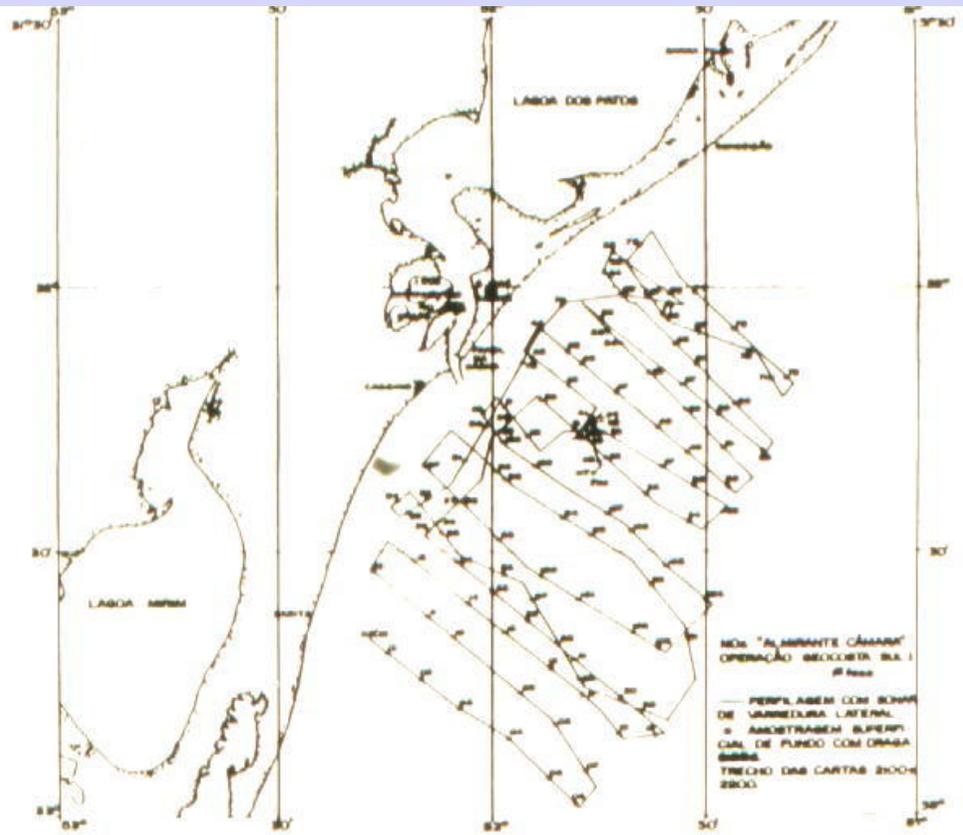
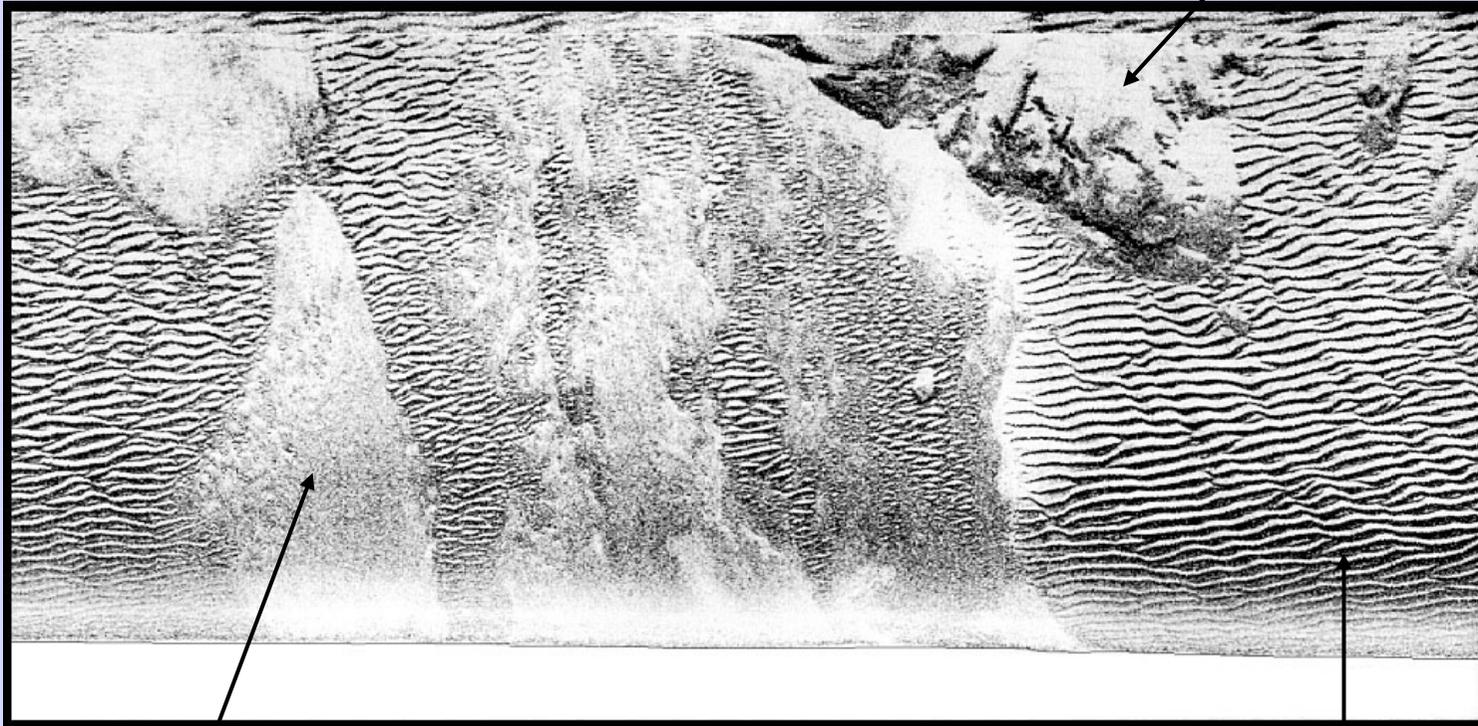


FIGURA 2.



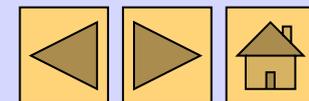
Interpretação do sonar



**Afloramento
de rocha**

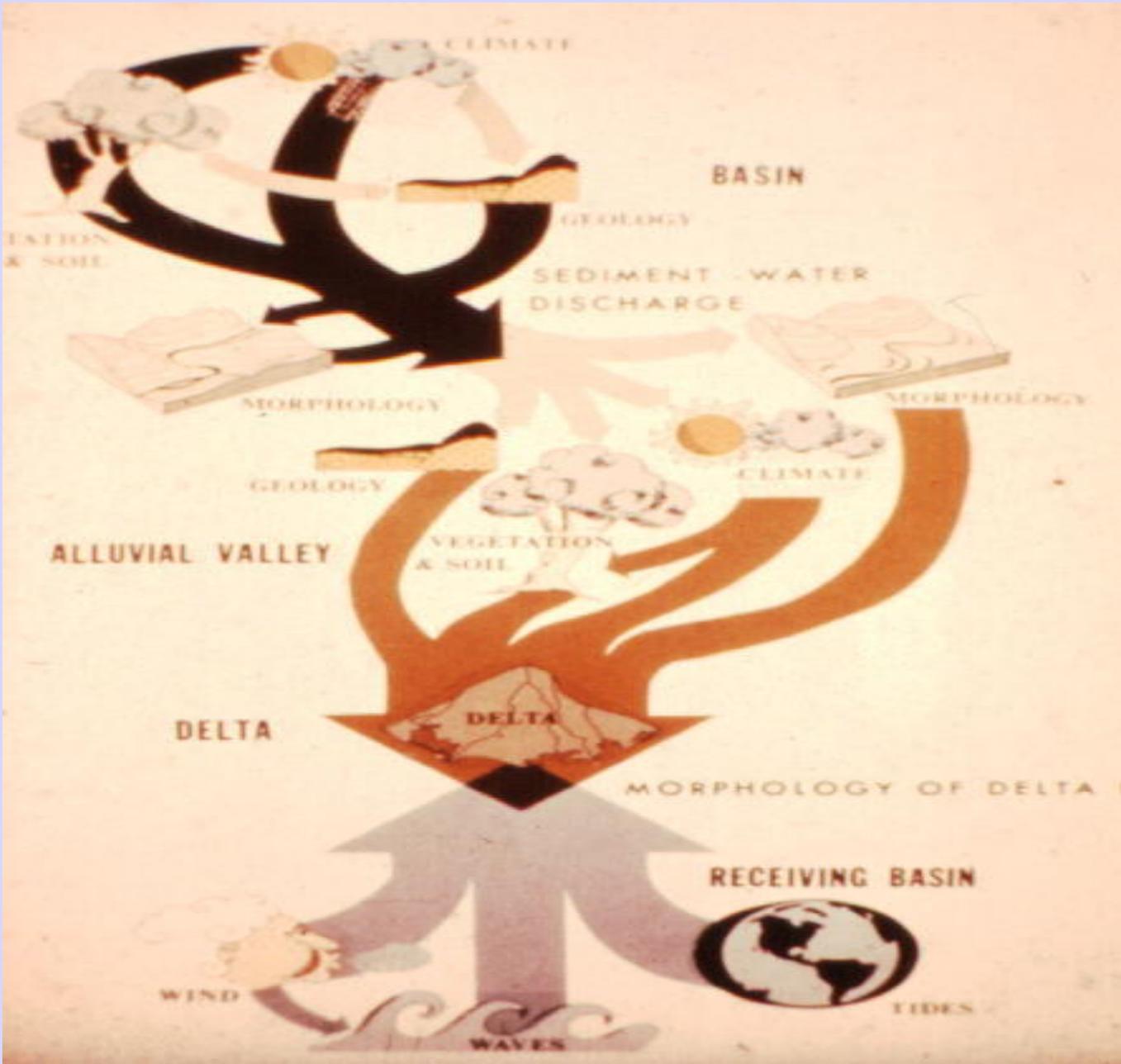
**Padrão de reflexão associado a outro
sedimento (Areia fina? Lama?)**

**Ondas de
areias**



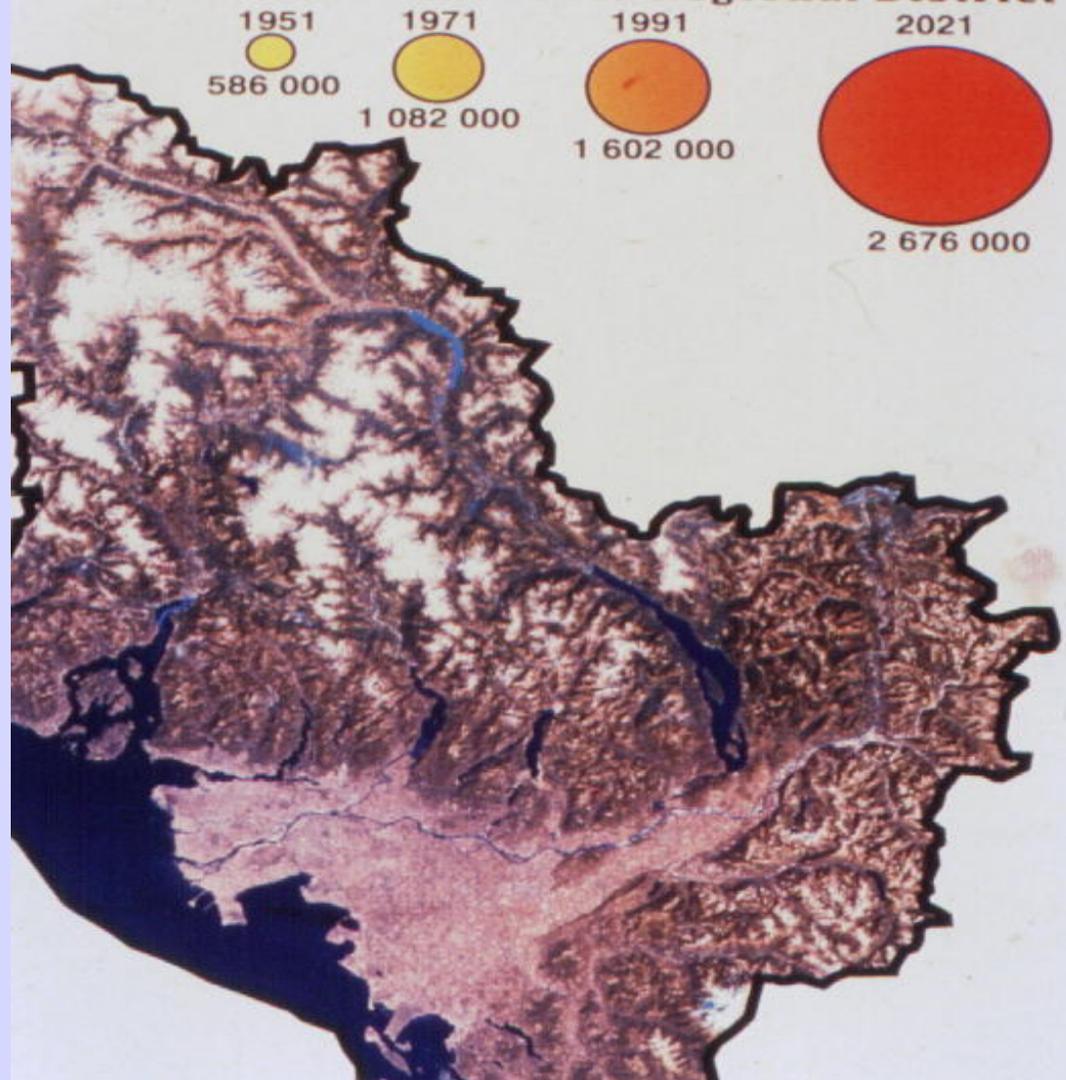
Distribuição mundial dos sedimentos de plataforma

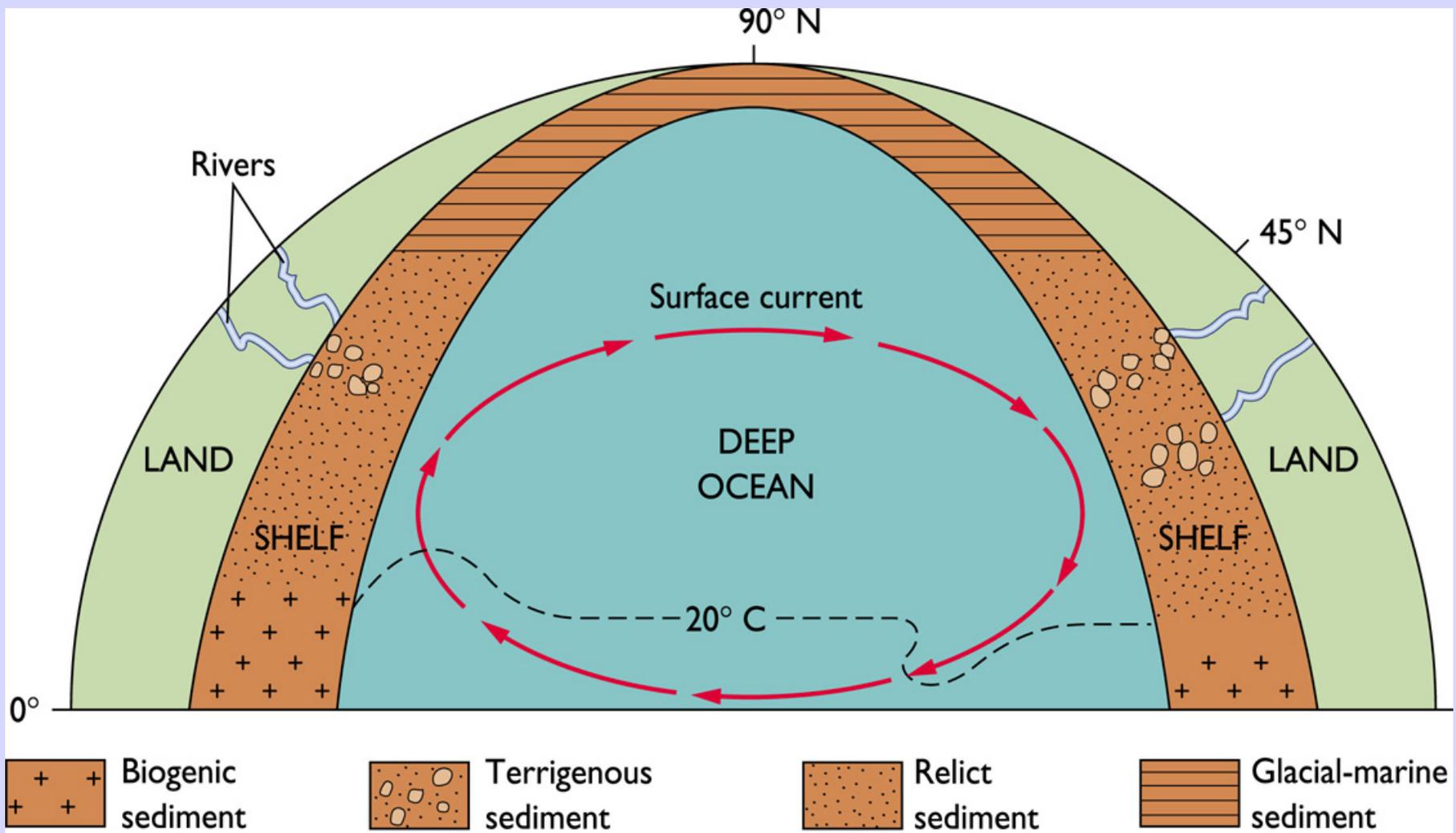
- Padrão regular: os sedimentos variam com a latitude em função do clima.
- Uma faixa larga de sedimentos biogênicos no equador e nas regiões subtropicais (recifes de corais e acumulação de carbonato de cálcio). Esta faixa é mais abundante nas margens leste dos continentes. Correntes quentes fluindo para oeste divergem no equador e se movem em direção ao polo ao longo do lado oeste das bacias oceânicas. Contrariamente, o lado leste das bacias oceânicas são banhadas por águas frias que se originam das altas latitudes.
- As plataformas continentais das latitudes médias ou temperadas são cobertas por sedimentos terrígenos provenientes dos rios, principalmente tamanho areia quartzosa ou de feldspato derivado do intemperismo de granito nos continentes.
- As plataformas polares são atapetadas de depósitos glaciais mal selecionado (till ou depósitos provindos da deriva de icebergs).



The Population Boom

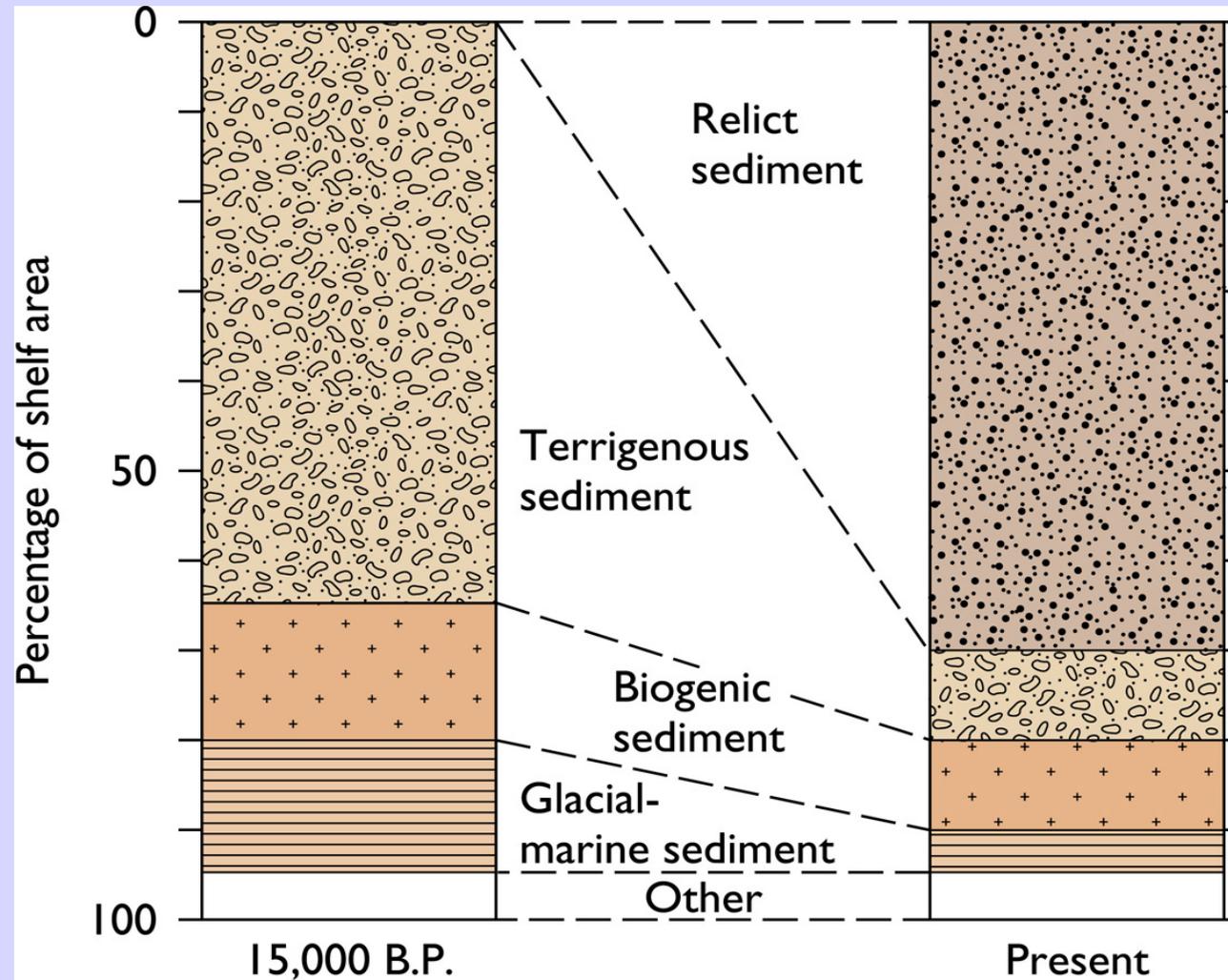
Greater Vancouver Regional District





(a) SHELF SEDIMENTATION MODEL

- A maior parte da cobertura sedimentar da plataforma é relíquia, foi depositado quando a linha de praia estava deslocada para offshore.
- Menos que 30 % a 40% da cobertura sedimentar superficial da plataforma é recente (moderna) e estes sedimentos estão confinados a plataforma interna. Os restantes 60 a 70% apresentam caráter relíquia.



(b) RELATIVE AMOUNTS OF SHELF SEDIMENTS

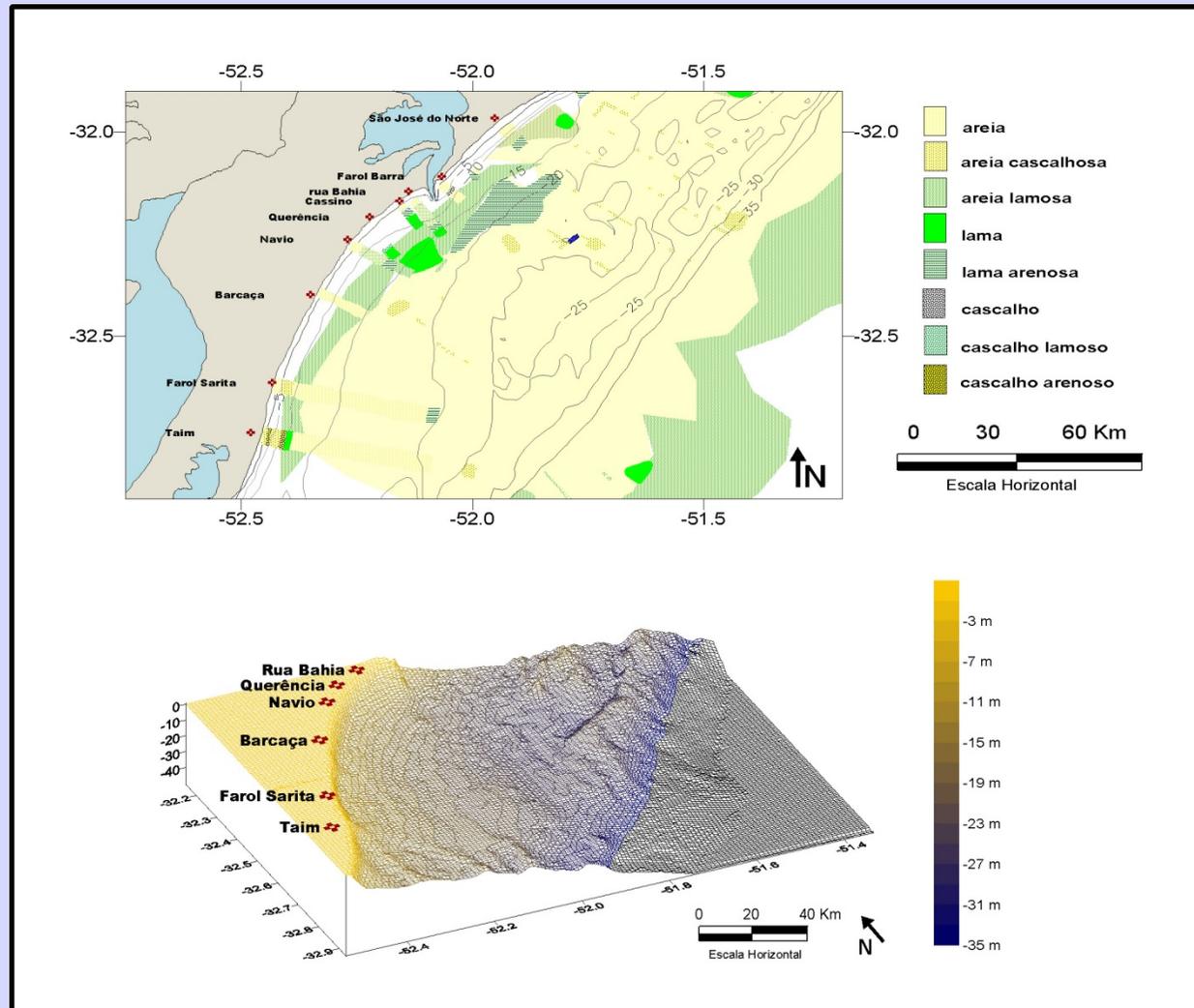
Desenvolvimento geológico das plataformas continentais

- Questionar os fatores que distribuem os sedimentos através da plataforma continental em bases diárias é diferente do que levantar a mesma questão para longos períodos de tempo (milhares de anos=milênios) ou períodos geológicos (dezenas de milhões de anos). **Um oceanógrafo estudando a sedimentação numa plataforma durante os últimos anos vai tirar conclusões diferentes de um geólogo investigando o registro geológico sedimentar na mesma plataforma. Furacões (eventos raros a cada 50 anos). A chance de não acontecer um furacão num breve período de estudo é grande. Entretanto cerca de 20.000 furacões podem ter atingido várias plataformas nos últimos milhões de anos.**
- **O que é concebido como raro em termos centenários pode ser um processo crítico regular para entender a evolução geológica sedimentar de plataformas continentais (milhares de anos).**
- Dadas tais perspectivas vamos considerar a evolução geológica das plataformas em três diferentes perspectivas:
 - 1) mil anos até o presente (10^3 até 0 anos) (até 1000anos)
 - 2) 10^6 anos até 10^3 anos (períodos de até 1.000 000 anos)
 - 3) 10^8 anos até 10^6 anos (100.000.000 anos)

10³ a 0 anos

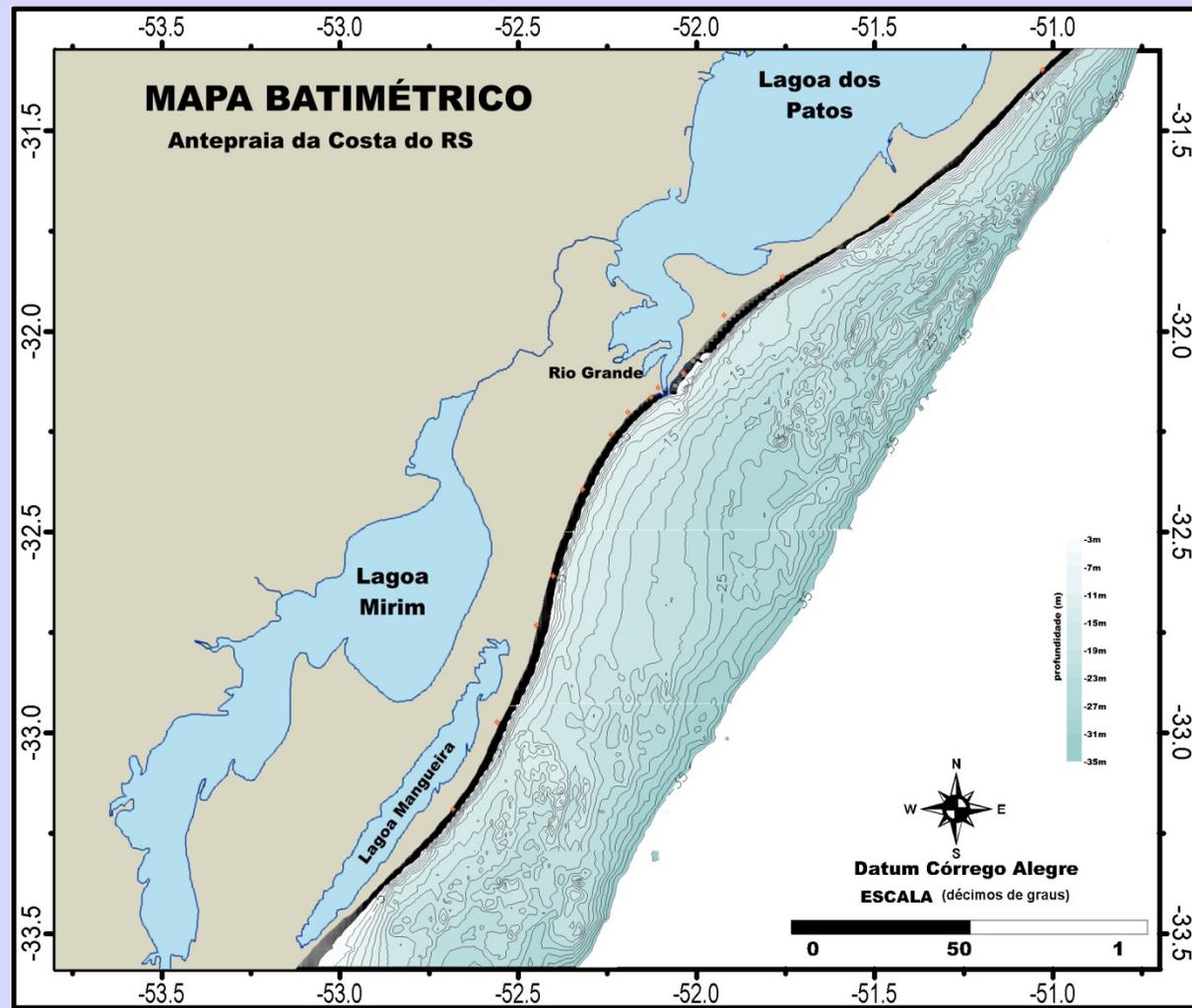
- **Processos de sedimentação dia a dia na plataforma continental. As pesquisas conduzidas nas últimas décadas são provavelmente bastante representativas das condições gerais nos últimos mil anos.**
- **O clima tem sido estável e o nível do mar subiu lentamente (cerca de 1 metro). Um elevado número de estudos oceânicos indicam que uma variedade de correntes movem sedimentos através da plataforma. As principais correntes são geradas por ventos e marés.**
- **Ventos formam ondas e correntes. Ondas principal papel na ressuspensão de sedimentos, disponibilizando o mesmo para ser transportado por outras correntes mesmo que fracas as quais não teriam poder para erodir as partículas do fundo. Por exemplo, ao longo da costa de Washington e Oregon, pesquisadores estimam que sedimentos na plataforma continental a profundidades de 80 metros são movidos por ação das ondas 10% do ano (tempestades de inverno)**
- **Atrito do vento---correntes geradas por vento que abrangem a coluna d' água e variam diariamente---ventos fortes---desenvolvem mecanismo de empilhamento de água, upwelling (ressurgência), downwelling, jatos costeiros etc...**
- **Correntes de maré : Muitas plataformas dominadas por maré apresentam remobilização diária de sedimentos (correntes de até 500 cm/s—movem cascalho !)ao contrário de plataformas dominadas por ondas.**
- **Os maiores volumes de areia ainda são movidos por tempestades**

RIO GRANDE cobertura sedimentar (tipo de fundo) da zona costeira (submarina interna) mostra uma zona de lama com 40 Km de comprimento por 14 Km de largura nas proximidades da barra do Rio Grande

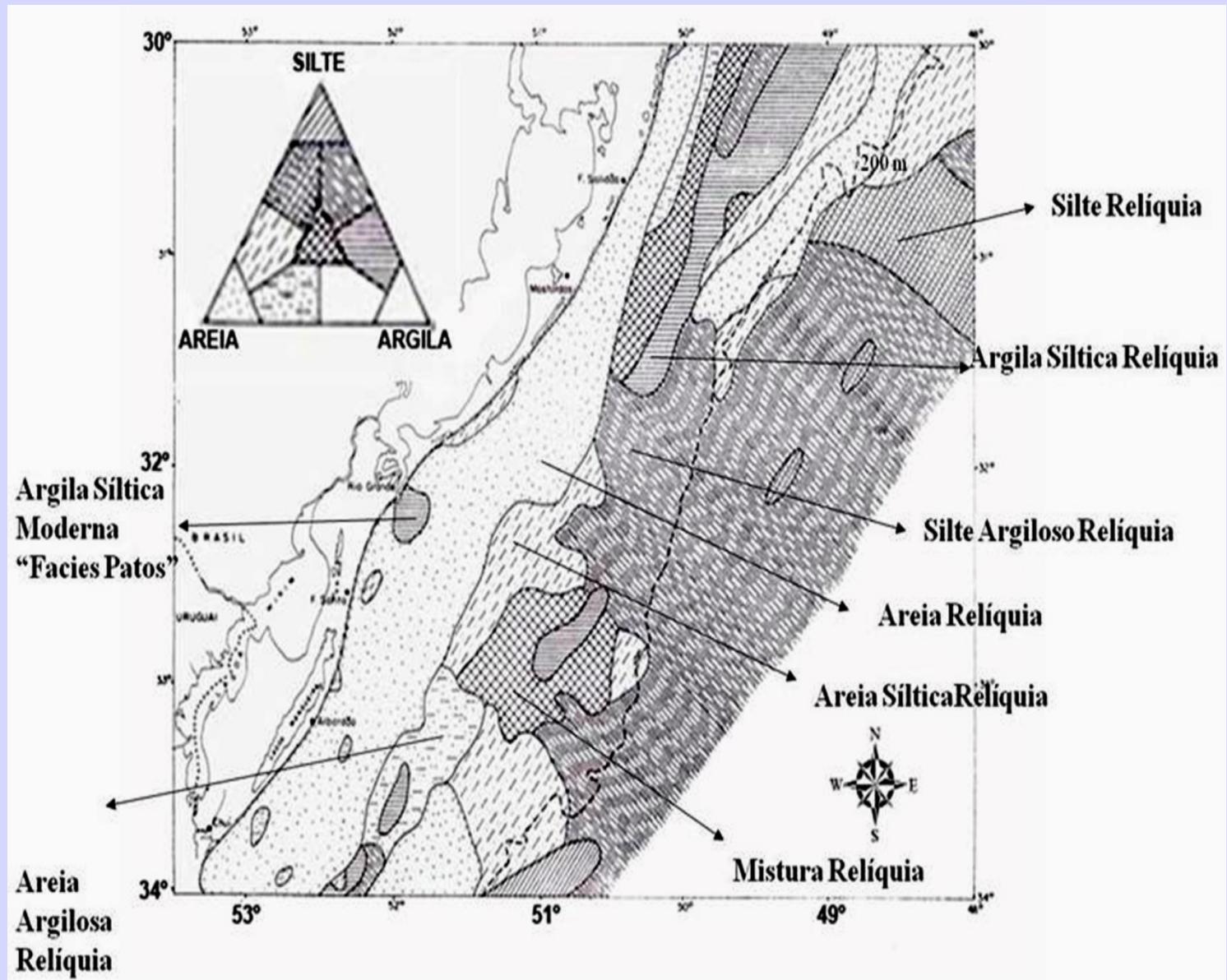


Fachin & Calliari, 1995

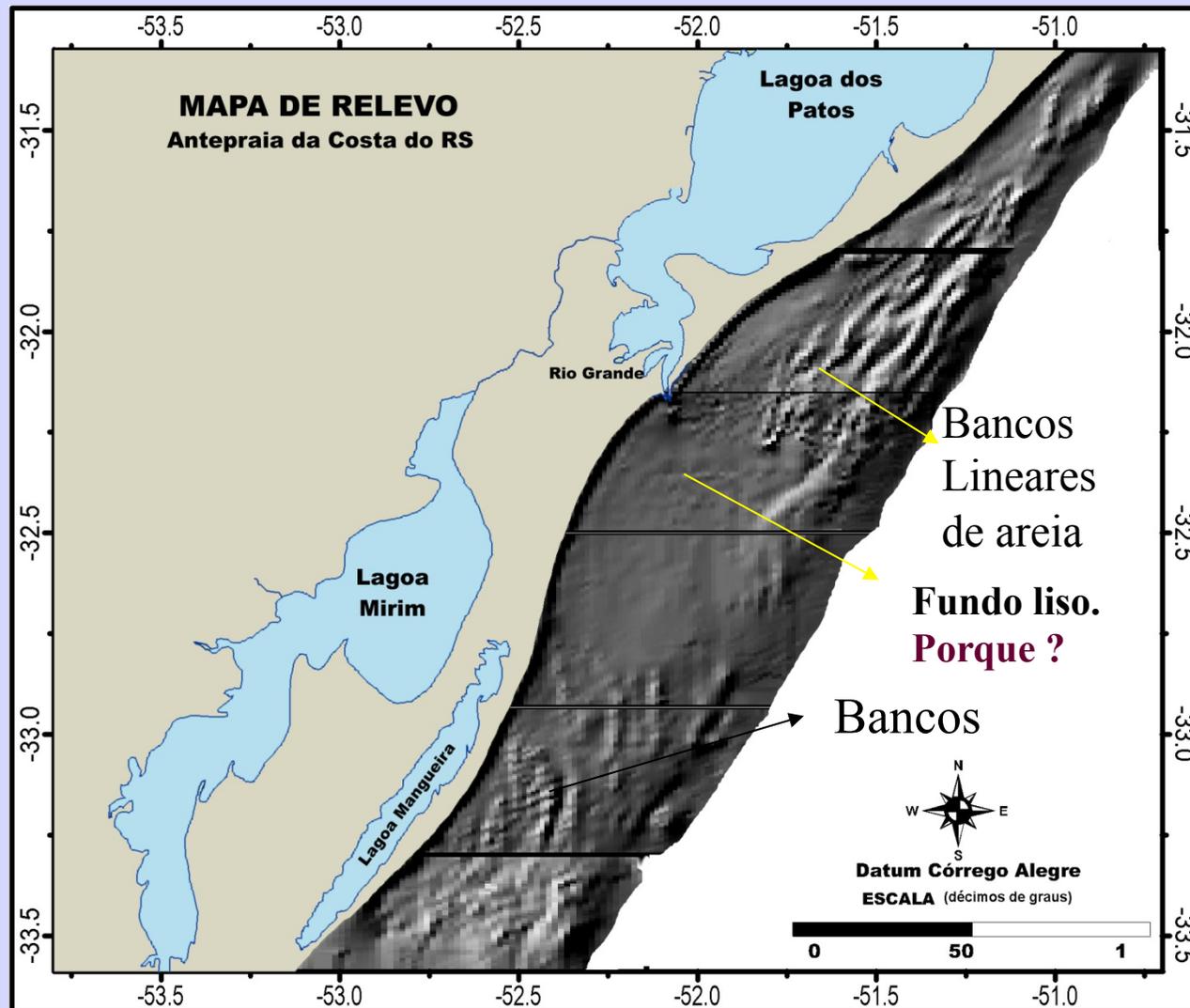
Batimetria da plataforma interna



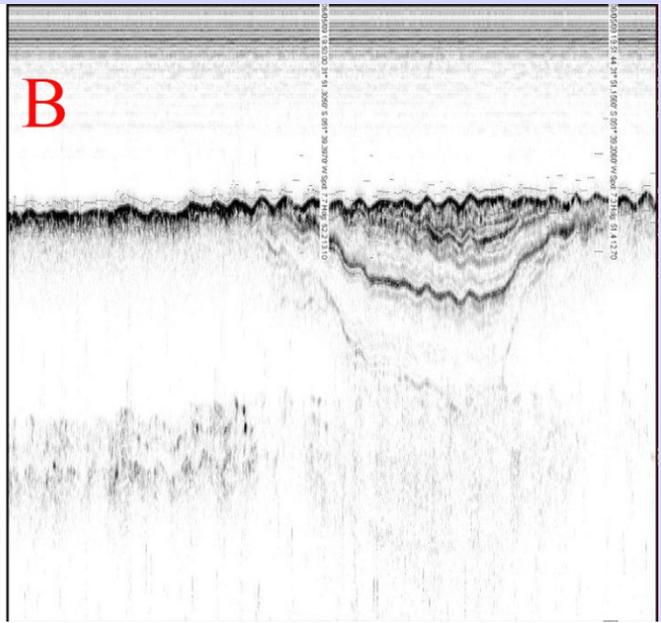
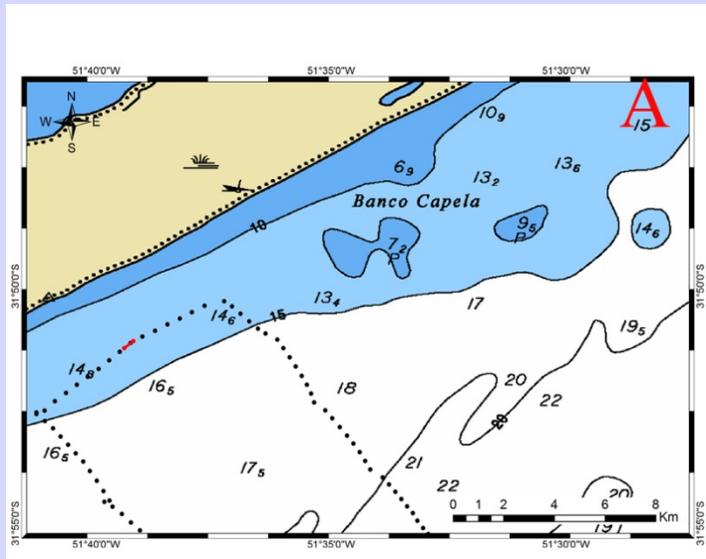
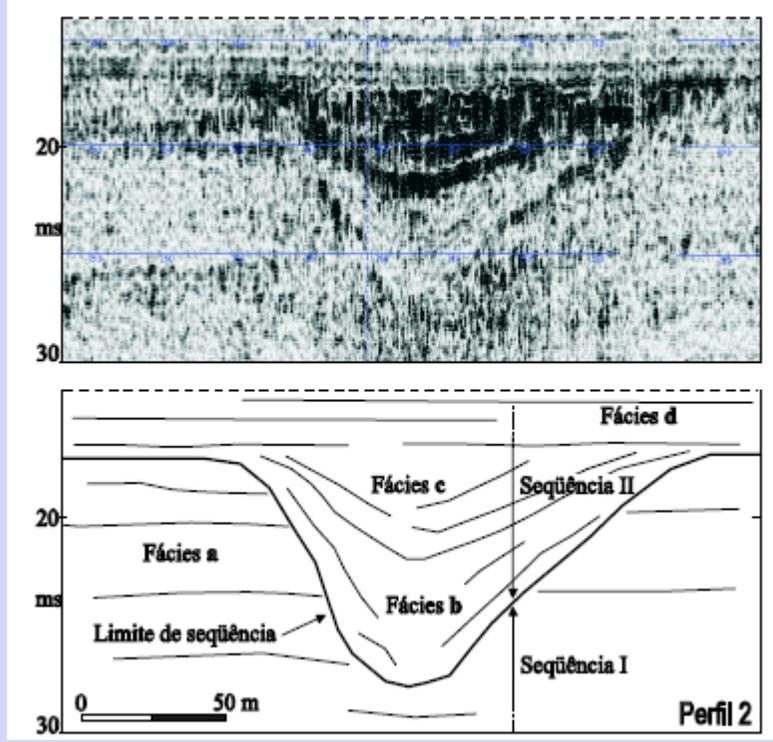
Fachin, 1995

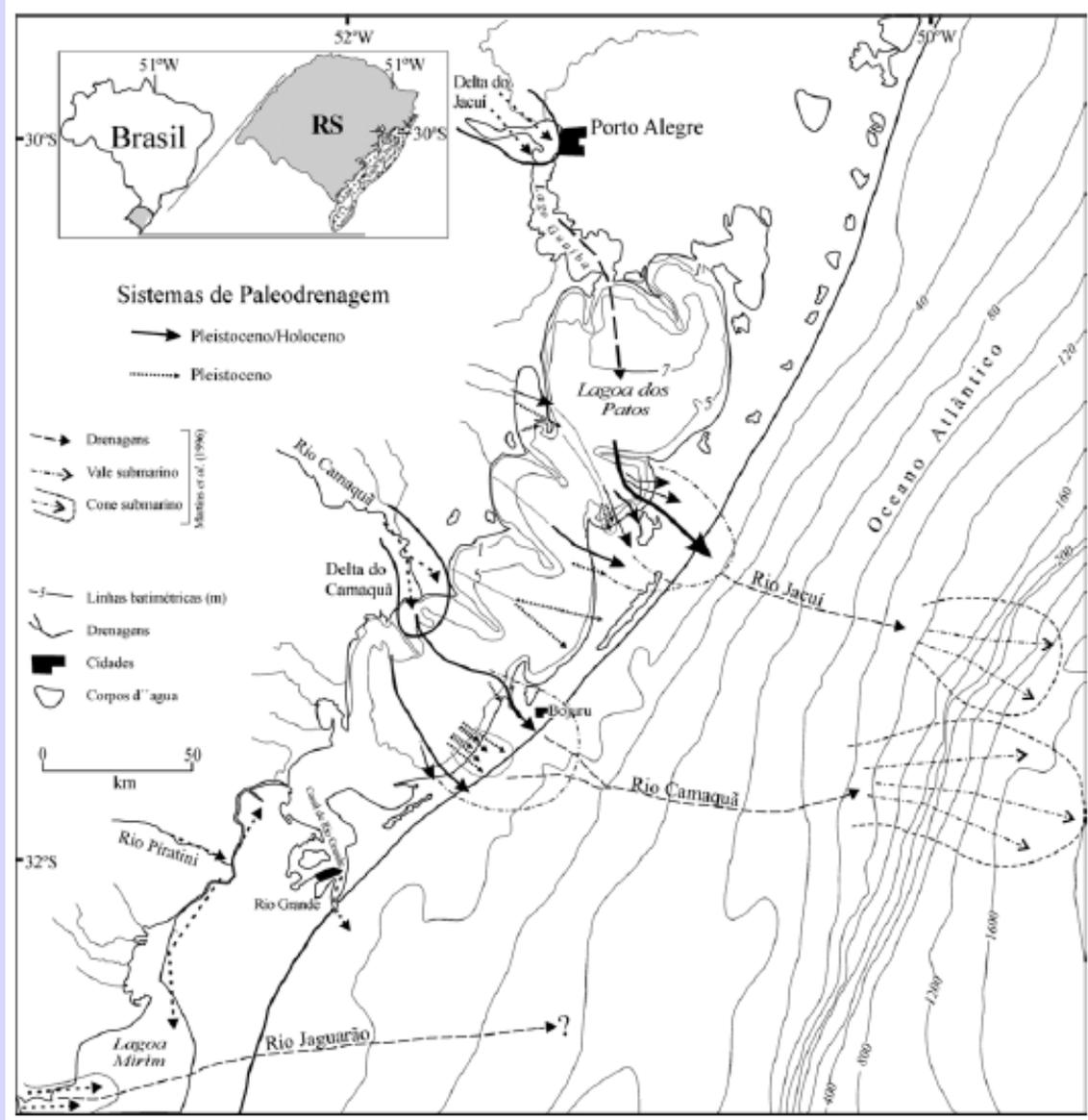


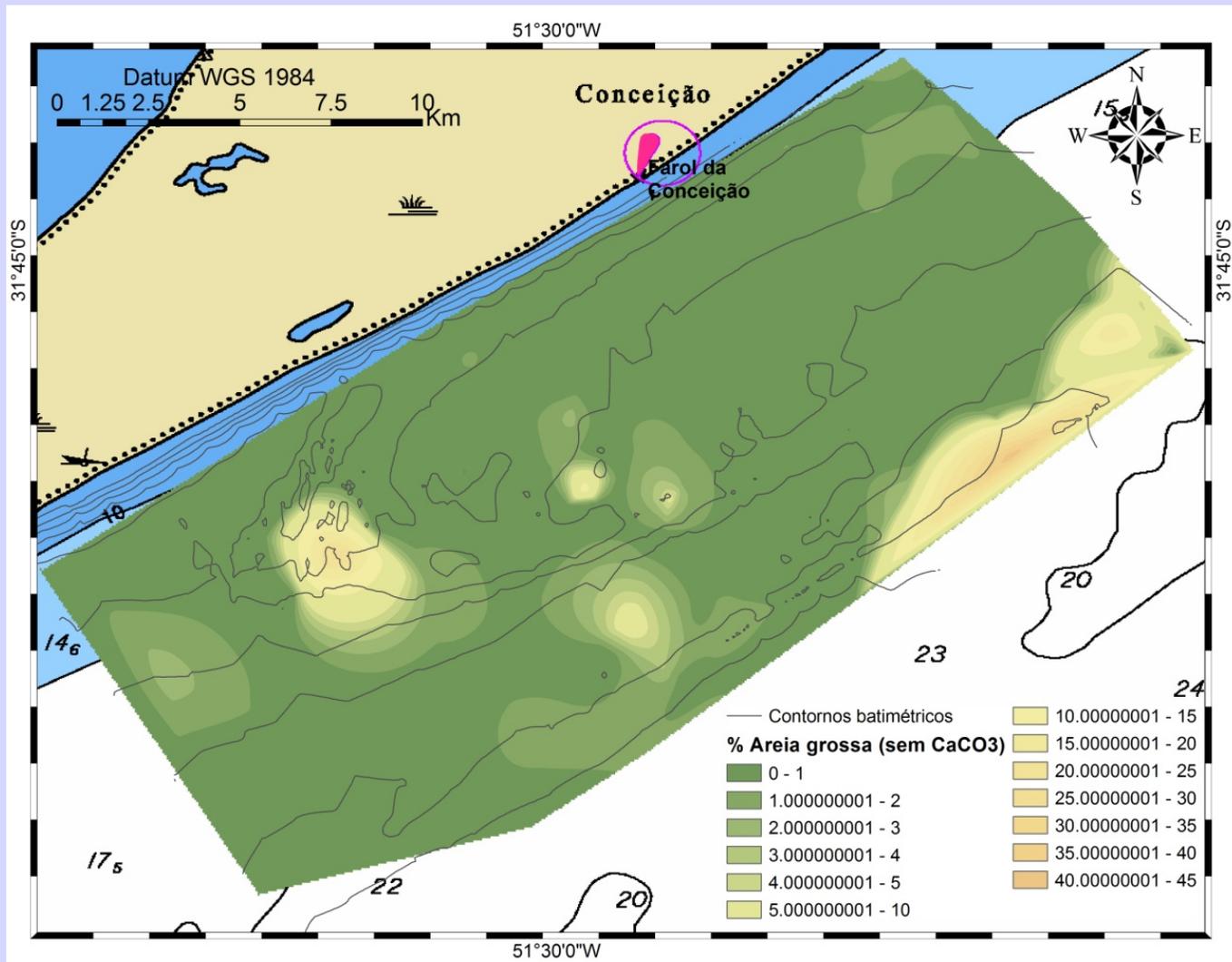
Relevo da plataforma interna



Fachin, 1995







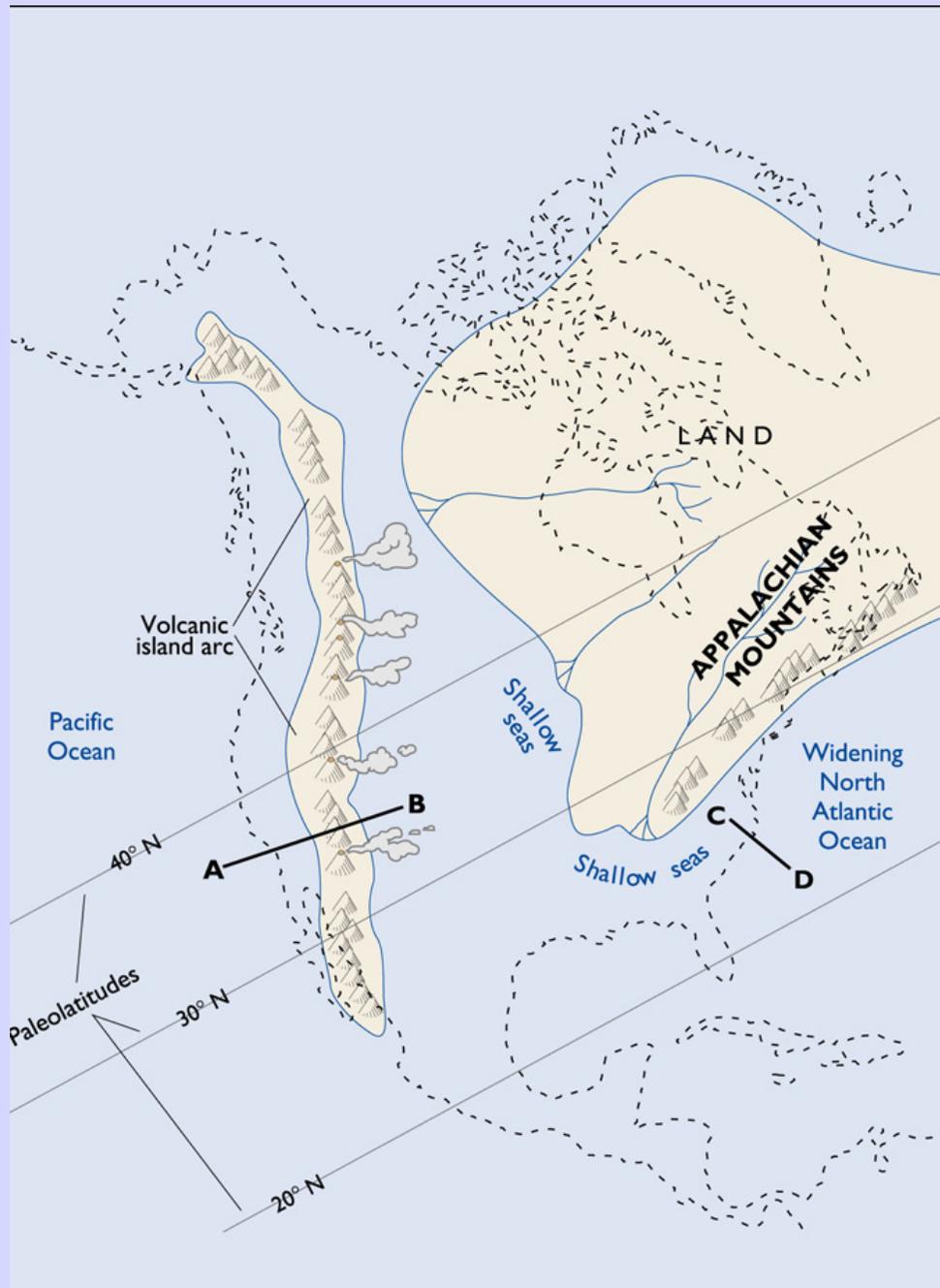
10^6 a 10^3

- Em termos de tempo geológico 1 milhão de anos é só um piscar de olhos. Uma margem continental pode ter uma história de evolução de centenas de milhares de anos. Entretanto os últimos milhões de anos são importantes.
- Os últimos milhões de anos (época Pleistocênica ou idade do Gelo) foram dominados por glaciações. Durante esse tempo, o nível do mar subiu e desceu em resposta direta as expansões e contrações das calotas polares. Durante os níveis de mar baixos (glaciação) a sedimentação nas plataformas foi alterada de várias formas. As principais foram:
 - calotas polares e glaciais se estendiam na plataforma particularmente em latitudes médias e altas. Gelo em movimento cavava a plataforma (abrasão), em alguns casos arredondou o topo das montanhas e em outros destruiu os relevos. Geleiras descarregavam detritos rochosos no assoalho oceânico formando lençóis de tilito.

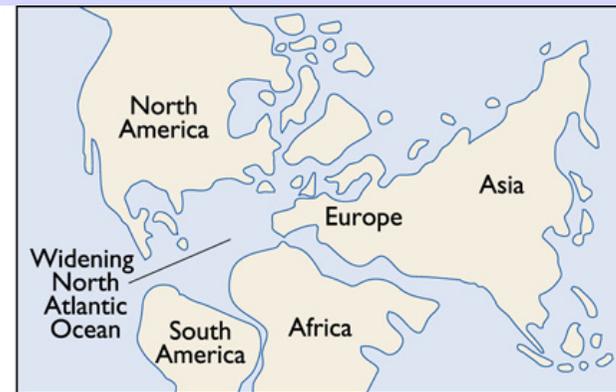
- Nível de mar baixo---rios se prolongavam até a borda do talude (deltas de rio na borda da plataforma). Plataforma era parte da planície costeira (vegetação, mamíferos, dunas, etc..).Rios cortavam depósitos marinhos resultando em deposição de sedimentos grossos sobre depósitos marinhos mais finos (cascalho sobre areia).
- Taxas de erosão e deposição aumentaram no ambiente marinho profundo (carga dos rios diretamente na plataforma externa e talude superior---gerando escorregamento----correntes de turbidez—que levavam sedimentos até as planícies abissais.
- Recifes de corais sofreram morte massiva. Bancos recifais que floresceram durante nível de mar mais alto, ficaram expostos e secos após o abaixamento do nível do mar. Quando o nível do mar subiu corais vivos se sobrepueram aos mortos e cresceram acompanhando a subida do nível do mar.

10^8 a 10^6

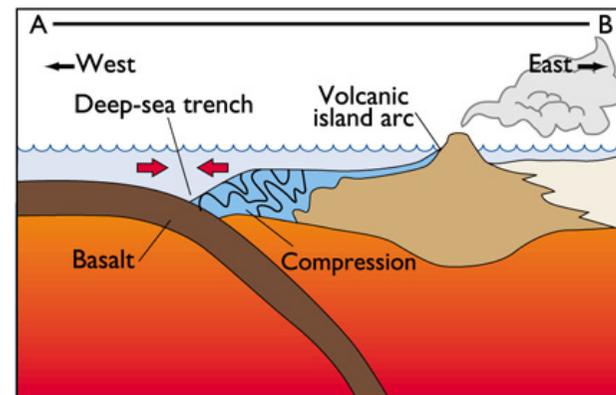
- 100 milhões de anos a 1 bilhão de anos é um período de tempo considerável e chega a alcançar a PANGEA.
- A parte central e oeste da América do Norte seria irreconhecível hoje, uma vez que estava coberta por um mar raso com uma longa cadeia de ilhas vulcânicas salientando uma zona de subducção.
- O que é agora o lado leste da América do Norte era uma zona de tensão (distensão) marcada por falhas e bordejada por vale tipo rift (naquele tempo América do Norte era parte da Pangea), sua margem leste tinha recém se separado da África, Europa e Groenlândia. A medida que a África, Europa e Groenlândia estavam se movendo para leste relativamente a América do Norte devido ao espalhamento do fundo oceânico um golfo existia entre eles.
- O continente Americano desenvolveu dois tipos distintos de margem continental: Ativa ao oeste e Passiva ao Leste.



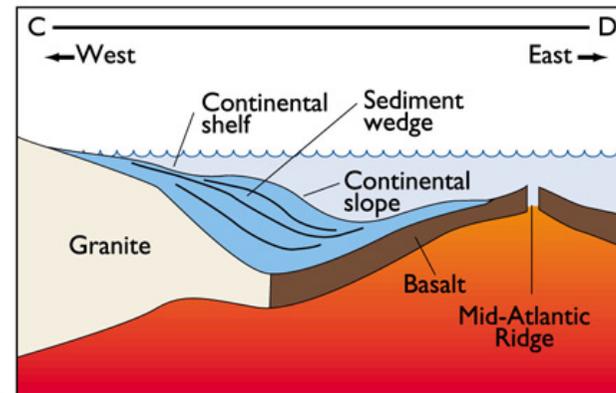
(a) NORTH AMERICAN PALEOGEOGRAPHY 100 MILLION YEARS B. P.



(b) PANGAEA 100 MILLION YEARS B. P.

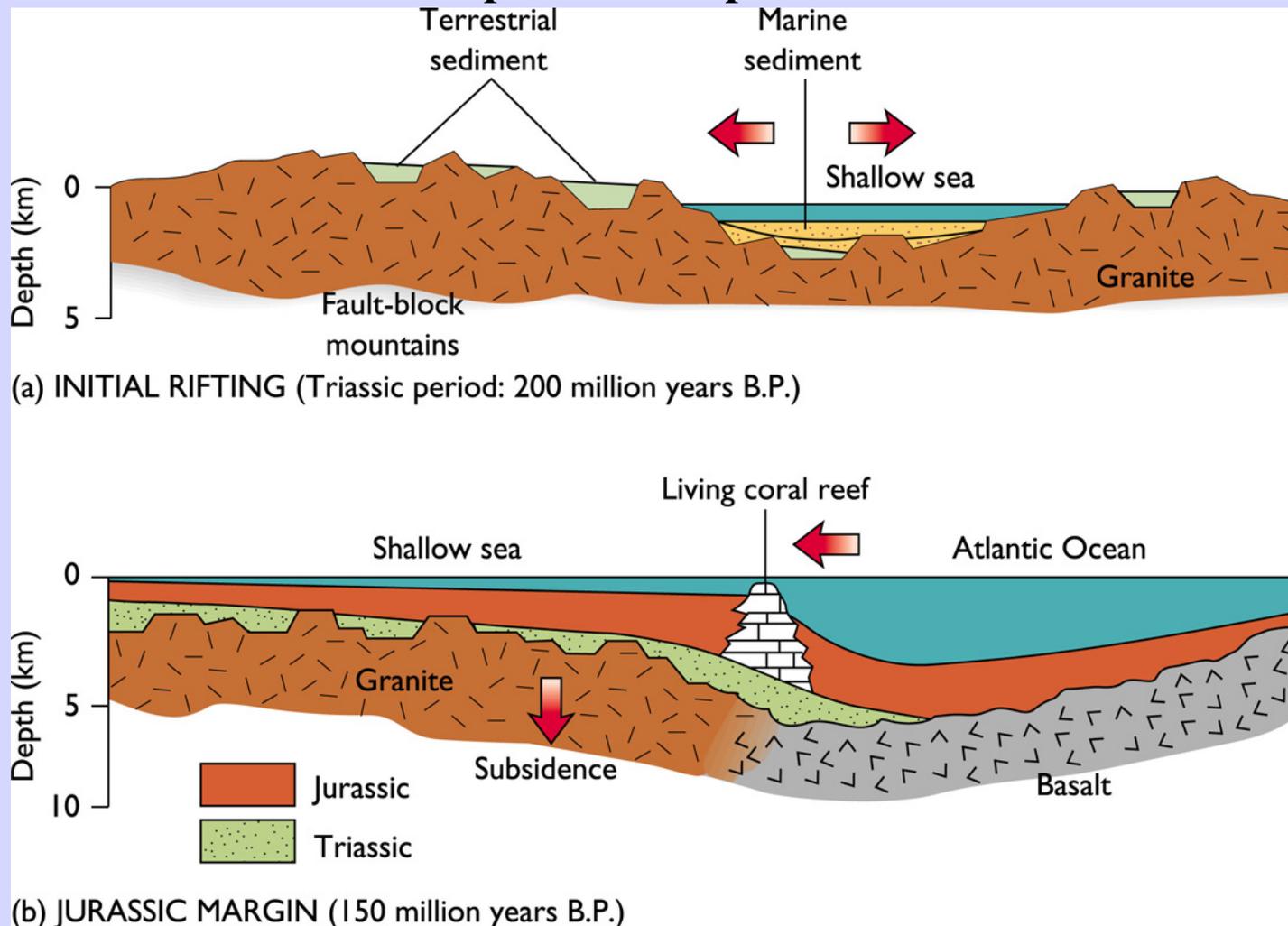


(c) WESTERN NORTH AMERICAN TECTONIC MARGIN (ACTIVE MARGIN)

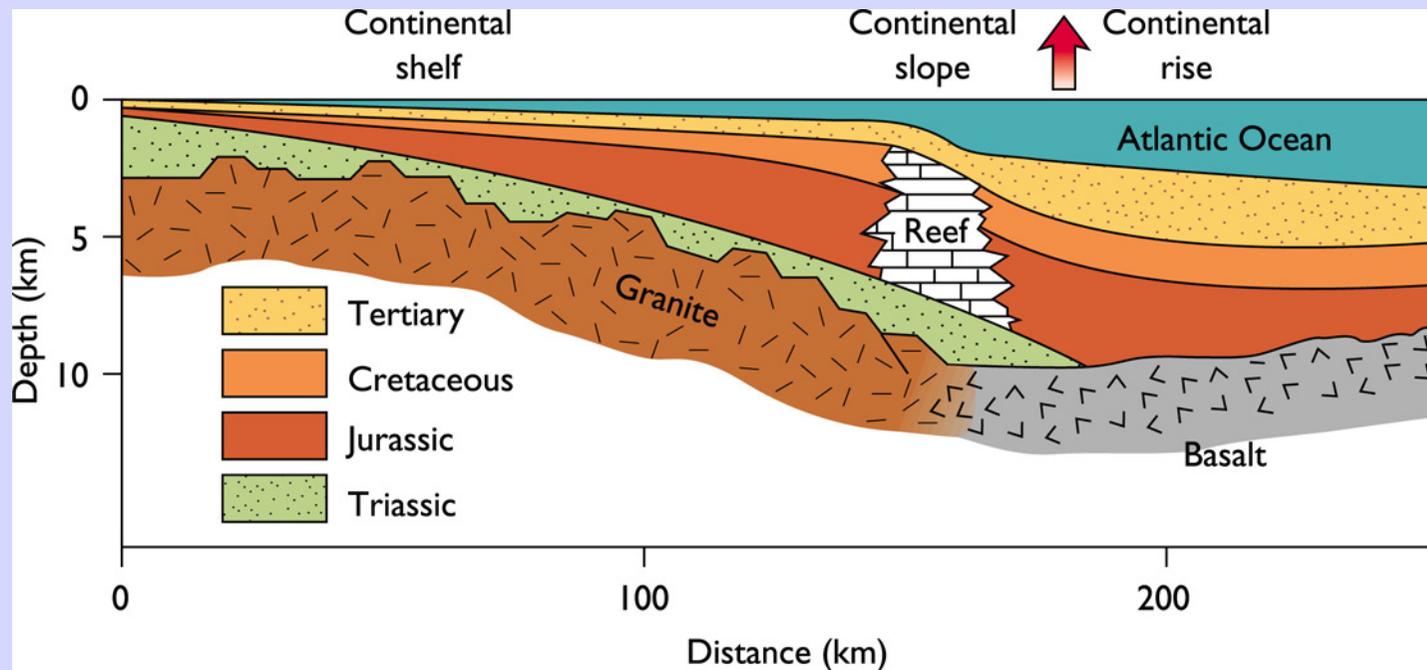


(d) EASTERN NORTH AMERICAN NONTECTONIC MARGIN (PASSIVE MARGIN)

- **Margens passivas do tipo Atlântico são caracterizadas por uma longa história de sedimentação. O assoalho oceano na margem do continente afunda de uma forma gradual que a deposição sedimentar acompanha o afundamento e o fundo da plataforma permanece raso.**



- Depois de uma fase rápida de expansão (tectônica) segue-se um longo período de sedimentação terrígena na plataforma que contribui para o alargamento e espessamento da margem continental.



(c) PRESENT-DAY MARGIN SOUTHEAST OF CAPE COD

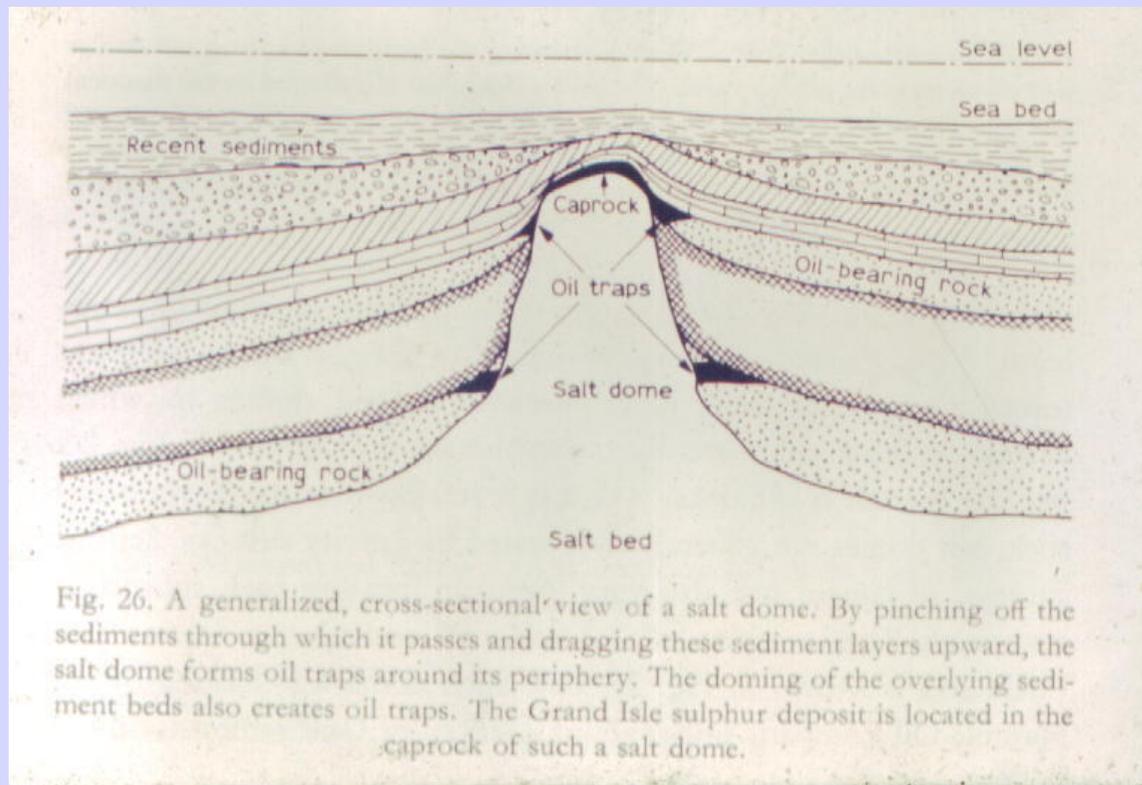
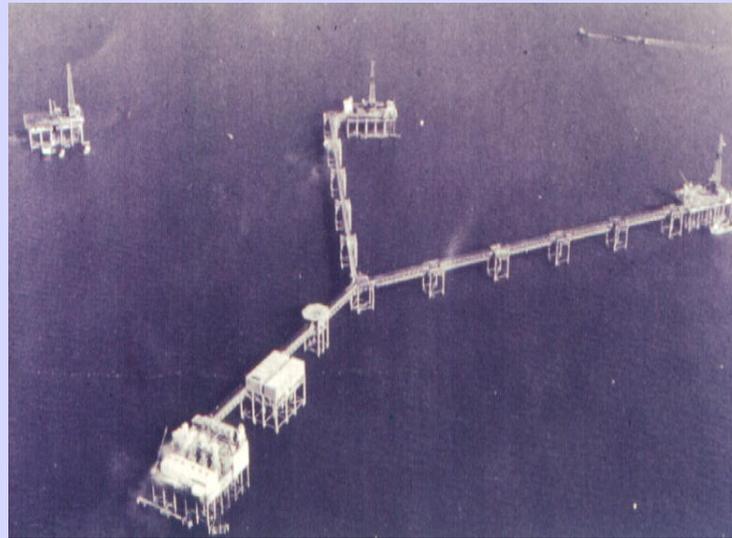
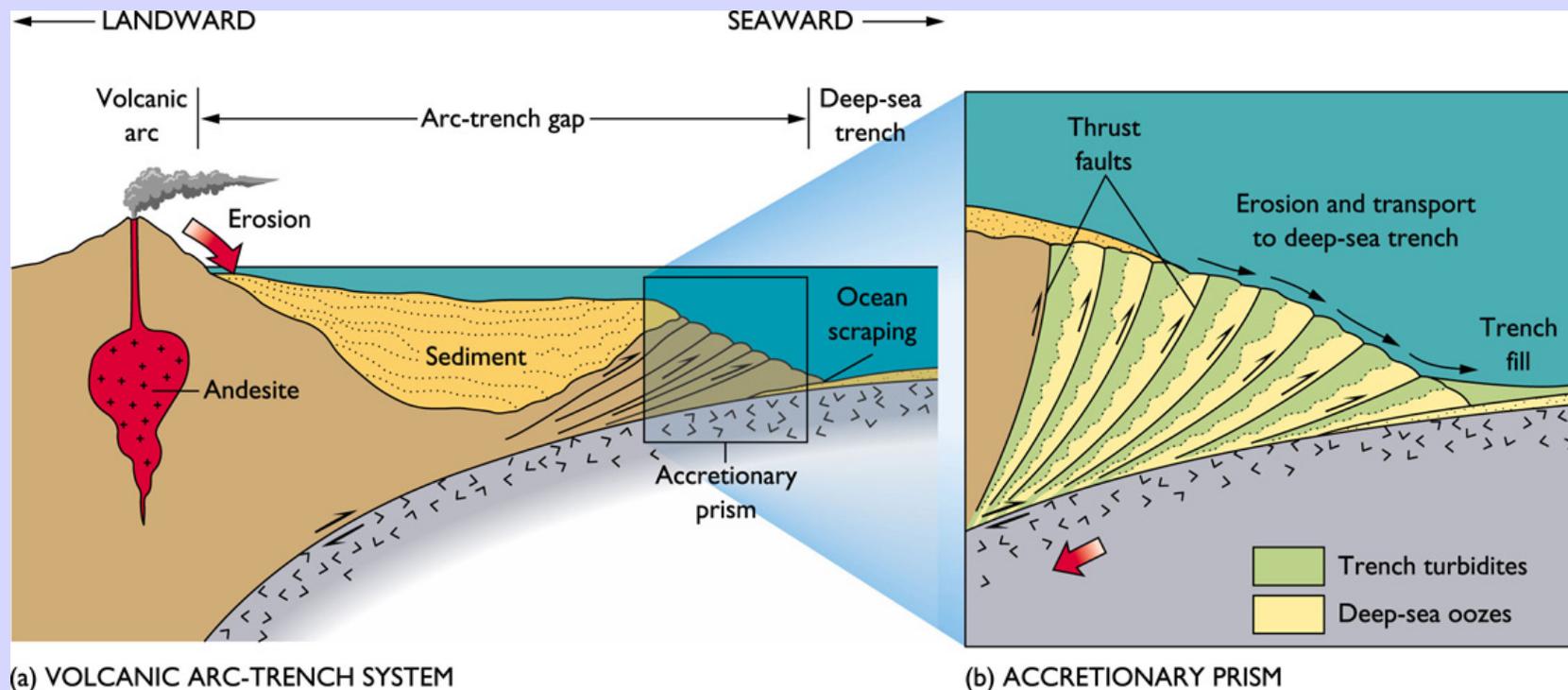


Fig. 26. A generalized, cross-sectional view of a salt dome. By pinching off the sediments through which it passes and dragging these sediment layers upward, the salt dome forms oil traps around its periphery. The doming of the overlying sediment beds also creates oil traps. The Grand Isle sulphur deposit is located in the caprock of such a salt dome.

Margem continental Ativa: Pacífica

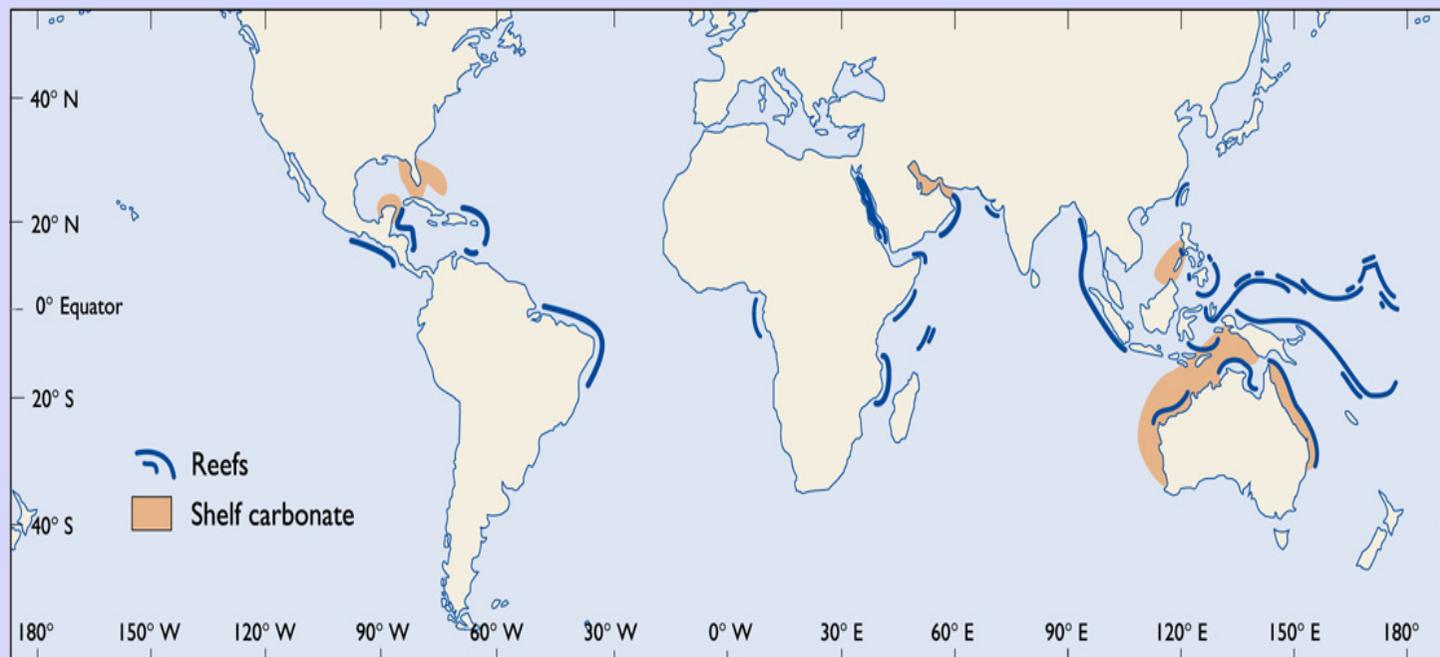
- Recebe sedimentos erodidos do continente adjacente mas é afetada por fortes forças compressivas –que espremem os sedimentos do fundo entre as placas que colidem, provocando dobras e falhamentos nos leitos sedimentares depositados.
- As camadas sedimentares e o basalto são raspados do topo da placa que mergulha por baixo da outra. Esta atividade tectônica cria um Prisma acrescional (uma zona compressional situada entre a fossa e o arco vulcânico) que se alarga com o tempo.
- Terremotos frequentes produzem deslizamentos que transportam sedimentos para a fossa.
- Resulta numa plataforma continental estreita com superfície irregular.



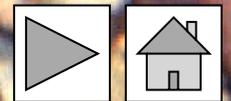
Plataformas carbonáticas

- **Continentes são drenados por grandes sistemas de rios os quais fornecem grande quantidade de sedimentos terrígenos as plataformas, conseqüentemente, a maioria das plataformas são cobertas por areia e lama compostas por quartzo e feldspato, os dois principais minerais que compõem as rochas graníticas do continente.**
- **Quando o suprimento de rios for baixo e as águas da plataforma forem quentes, propiciam a formação de carbonato de cálcio, material que compõe a concha dos organismos. Essas áreas rasas são chamadas plataformas carbonáticas.**
- **Presentemente, sedimentos carbonáticos cobrem relativamente poucas plataformas continentais do mundo.**
- **Exemplos modernos estão localizados nos oceanos tropicais e subtropicais, tais como o sul da Flórida, a Península de Yucatan no México, a América Central, Norte da Austrália, Nordeste do Brasil.**
- **Nestas regiões, as águas quentes e claras em conjunto com a luz solar propiciam condições essenciais para que organismos secretores de carbonato cresçam.**

- Estas plataformas estão localizadas em áreas distantes de grandes rios uma vez que o input de sedimentos terrígenos interfere com o crescimento dos organismos que secretam carbonato, e também dilui o carbonato de cálcio
 - Depósitos carbonáticos também se acumulam ao redor das margens rasas de muitas ilhas, formando plataformas de carbonato—Bahamas
- A presença de sequencias de rochas carbonáticas espessas e extensas (carbonatos)—lama e areia cimentadas com carbonato de cálcio nas Montanhas Rochosas , nos Himalaias e nos Andes indica que as deposições carbonáticas eram mais difundidas durante certos períodos geológicos anteriores aos atuais.

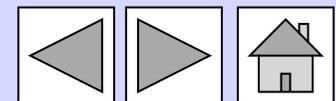


Granulados Bioclásticos



GRANULADOS BIOCLÁSTICOS

Granulados bioclásticos são aqueles de composição carbonática, que podem ser constituídos por **algas calcárias** (denominados *Maerl* ou *Lithothamnium*) ou por **fragmentos de conchas e outros (areias carbonáticas)**





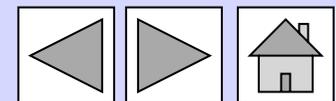
**Alga Foliar sobre
Rodolito**

MARINE PAC
Handycam



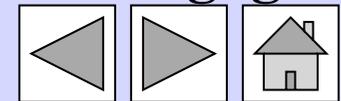
COMPOSIÇÃO

As algas calcárias são compostas basicamente por carbonato de cálcio e carbonato de magnésio e mais de 20 oligoelementos, presentes em Quantidades variáveis, principalmente Fe, Mn, B, Ni, Cu, Zn, Mo, Se e Sr



Ocorrências no Brasil

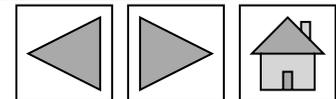
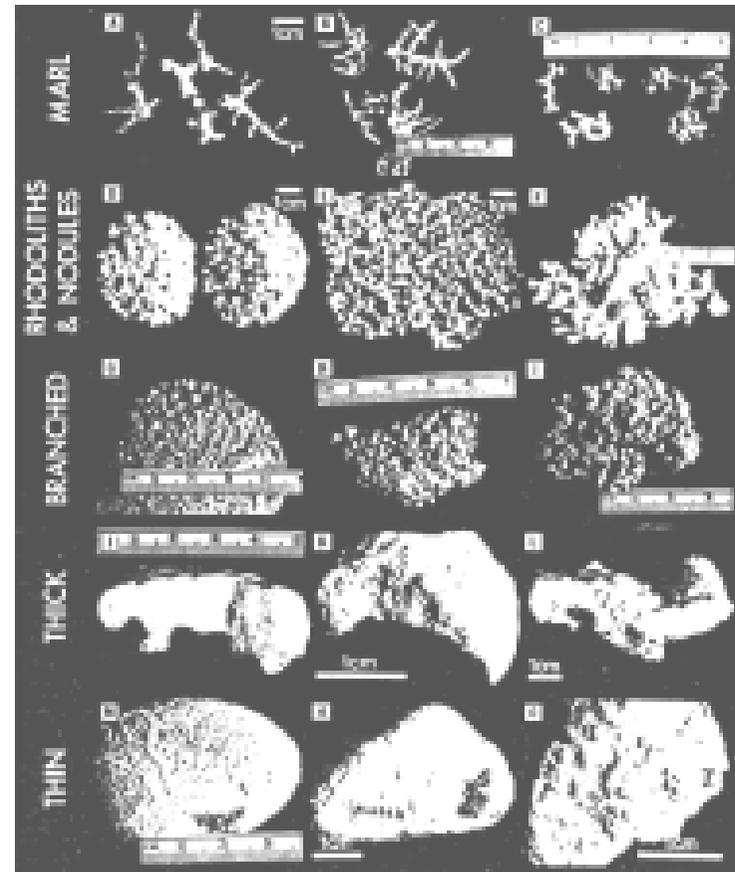
- **Desde 1960 a existência de amplas ocorrências na plataforma N-NE foi mostrada por pesquisadores do IO-USP (Marc Kempf o qual demonstrou o potencial econômico de exploração das algas comparando com o maerl francês.**
- **Levantamentos regionais posteriores mostraram apresenta uma extensa área coberta por sedimentos carbonáticos os quais ocupam os setores médios e externos da plataforma, sendo representados por areias e cascalho constituídos por algas coralinas ramificadas, maciças ou em concreções, artículos de halimeda, moluscos, briozoários e foraminíferos bentônicos (Coutinho, 1994).**
- **De um modo geral, no Brasil, as ocorrências mais contínuas encontram-se numa região com profundidade de 50 m, impedindo a exploração por métodos tradicionais de dragagem que geralmente atingem a profundidade de 30 m.**



Ex Tipos Morfológicos

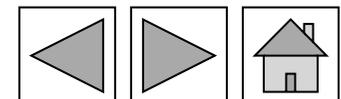
- Estados morfológicos convergentes e paralelos das crostas de algas coralinas

(Steneck, 1985)



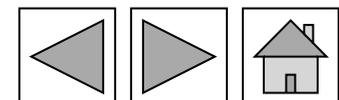
COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS ALGAS CALCÁRIAS

- MATERIAL INORGÂNICO - 95 A 99,5 %
- BAIXO TEOR DE MACRO ELEMENTOS
 - | (N-0,4%,P-0,2%,K-0,6%)
- PRINCIPAIS COMPONENTES :
 - | CaCO_3 (25- 30% de Ca), MgCO_3 (1,7- 3,5% de Mg)
 - | RIQUEZA EM MICRONUTRIENTES



Aplicações

- **AGRICULTURA** (oligoelementos) **maior volume**
- **NUTRIÇÃO ANIMAL**
- **TRATAMENTO DE ÁGUA**
 - **FILTRAGEM** (Descontaminação)
 - **POTABILIZAÇÃO** (Neutralização, Denitrificação)
 - **AQUACULTURA** (Neutralização, Oligoeutrofização)
- **INDUSTRIA DE COSMÉTICOS** (dentifrícios)
- **DIETÉTICA** (complemento alimentar)
- **CIRURGIA** (biocerâmica) **Implantes em cirurgia óssea**





**Nódulos e
Areia
Carbonática**

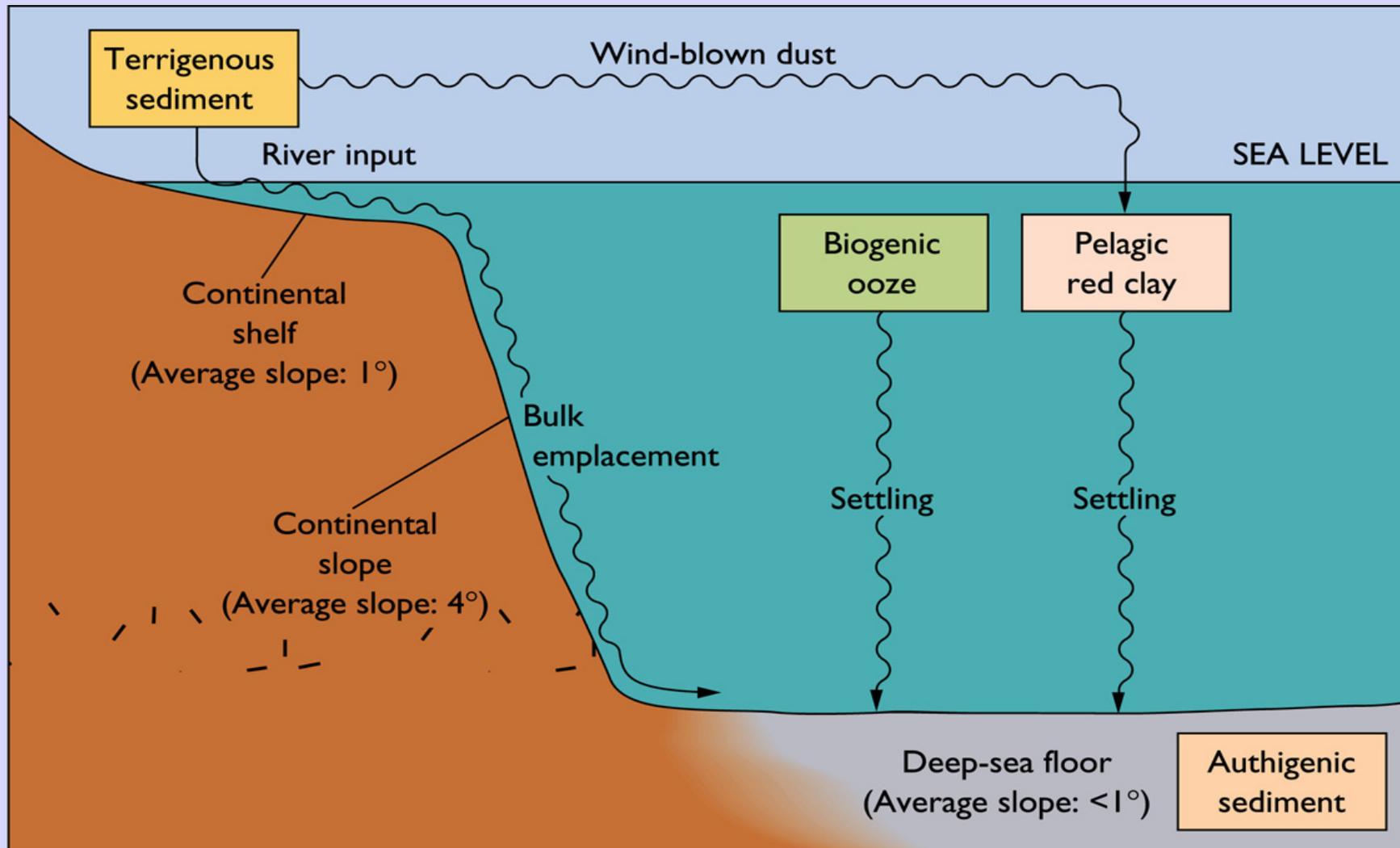


Sedimentação Marinha profunda

- Duas principais fontes de sedimentos para o fundo oceânico :
 - Lama terrígena e areia que ultrapassa a plataforma continental
 - a carapaça dos micro-organismos superficiais que se depositam no assoalho oceânico profundo.
 - Objetivos: examinar alguns detalhes das fontes, como os sedimentos são dispersos ao longo do assoalho oceânico e como padrões de sedimentação profunda são afetados pela tectônica de placas.

Fontes de sedimento para o oceano profundo

- Fontes externas : terrígenos (rochas do continente)—rios, ventos..
- Fontes internas: organismos e precipitações geoquímicas e bioquímicas



(a) SEDIMENTATION IN THE DEEP SEA

