

GEOTECTÔNICA

TECTÔNICA GLOBAL

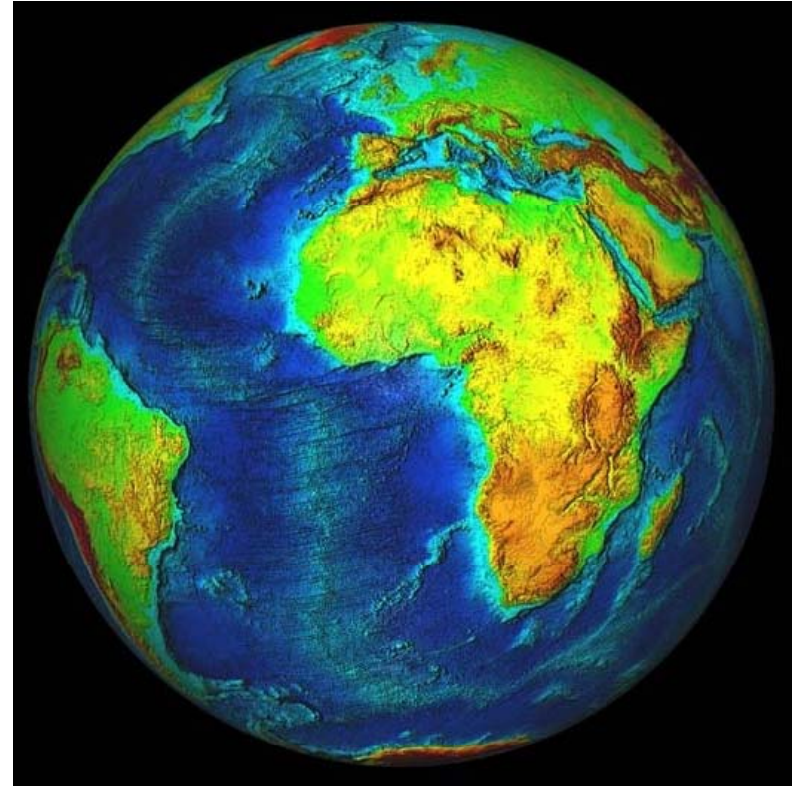
Prof. Eduardo Salamuni

**AULA 9: BORDAS DE PLACAS
DIVERGENTES E
TRANSFORMANTES**

EVOLUÇÃO DAS BORDAS DIVERGENTES

A evolução se faz em 3 estágios

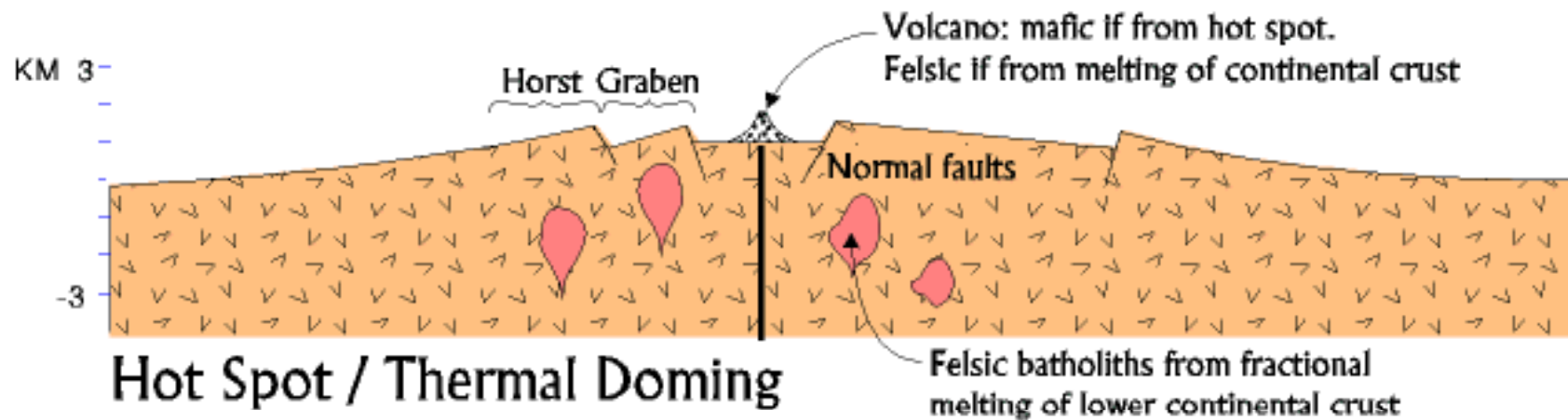
- Rifting: abertura de vale em rift
- Juvenil: estabelecimento do processo de criação de crosta oceânica
- Maduro: diminuição das taxas de subsidência, formação de sequência deposicional espessa e reafeiçoamento morfológico



Fonte: Peter W. Sloss, NOAA-
NESDIS-NGDC

- **Fase Rifting**

- (a) Elevação do terreno por dilatação térmica, afinamento e quebra da crosta.
- (b) Crosta injetada por diques como resultado da distensão lateral. Possível vulcanismo.
- (c) Formação de lagos continentais com invasões marinhas ocasionais.





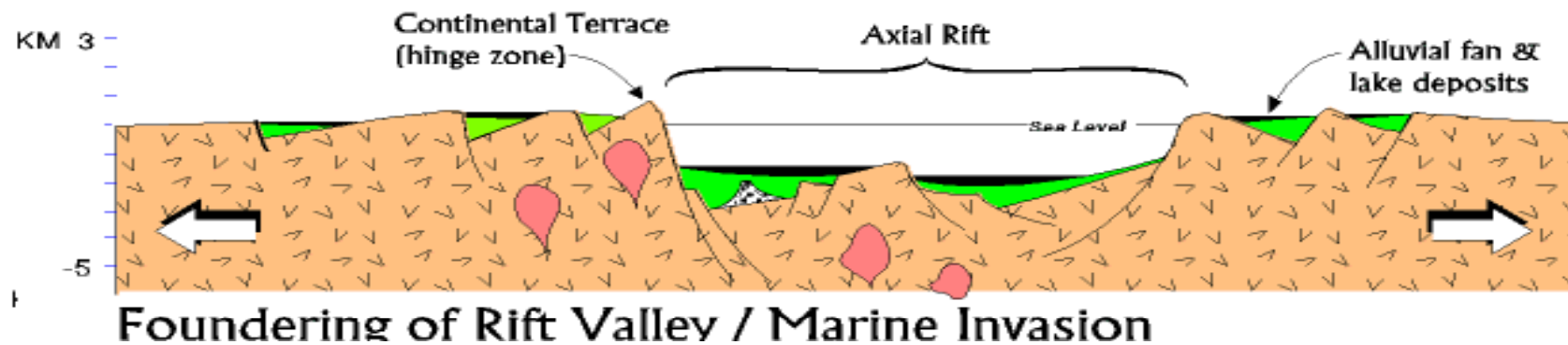
Depressão de Afar (NE da Etiópia) – fase de rifteamento sem invasão marinha

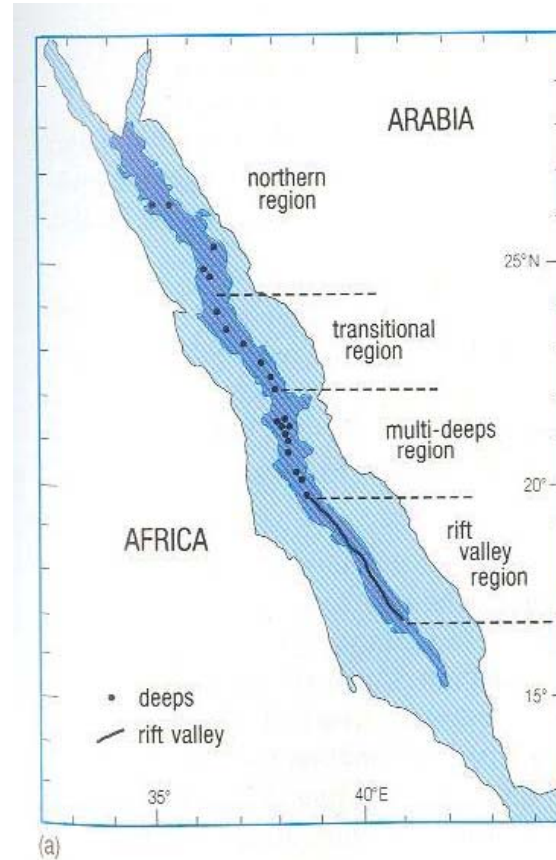
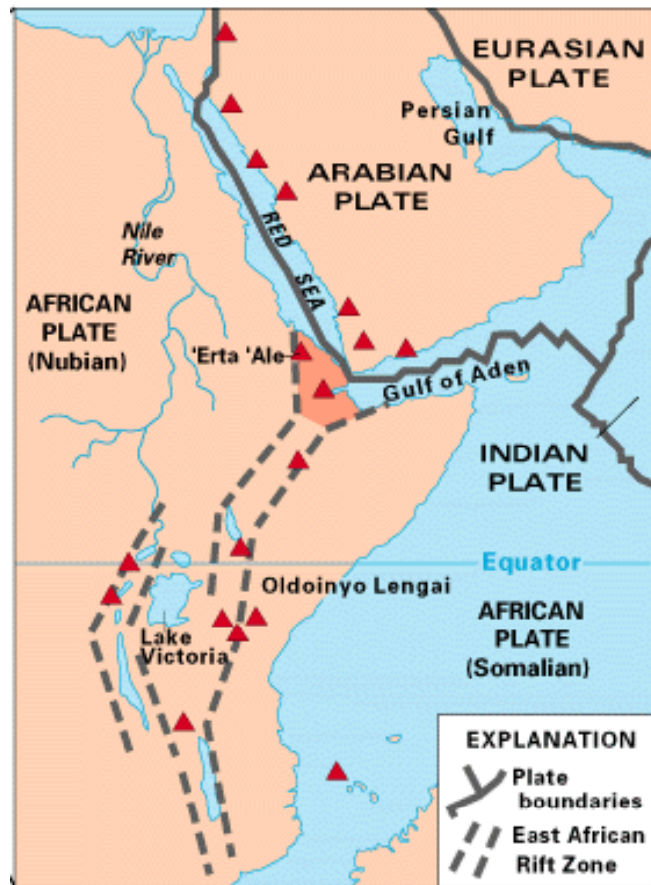
→ Bacia oceânica em estágio embrionário

Fonte: NGDCNASA

Alargamento da seção axial e falhas que funcionam como barreira à sedimentação para o interior da bacia.

Início da invasão marinha – formação de evaporitos em bacias oceânicas jovens

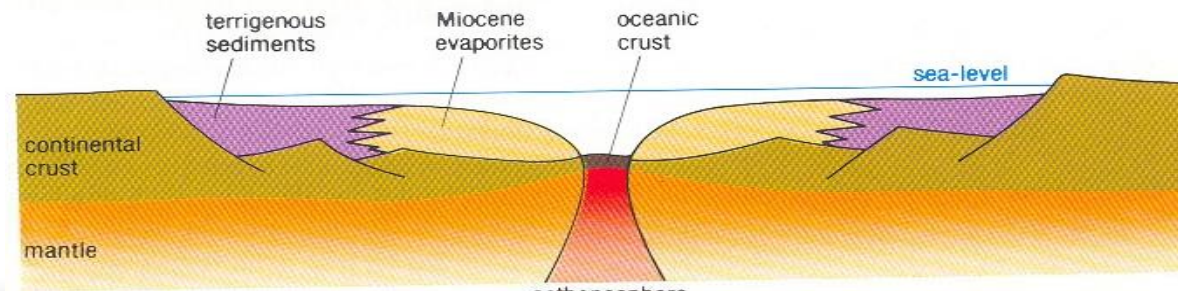




Mar Vermelho:
drenagem para
o Mediterrâneo
até cerca de 5
Ma atrás

Abertura de
0,8 cm/ano
nos últimos 5
Ma.

<http://www.uwsp.edu/geo/faculty>



- **Fase Sin-Rift**

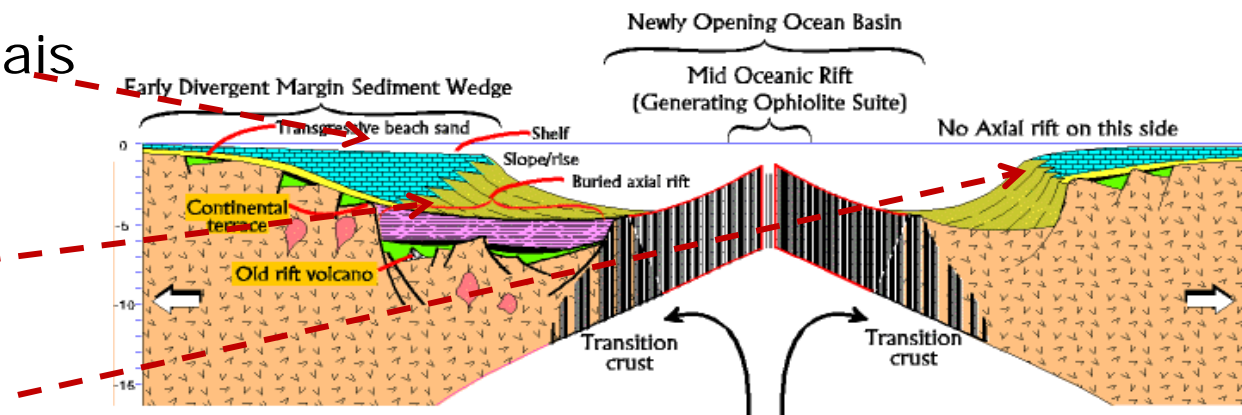
- (a) Eventual soterramento das barreiras sedimentares
- (b) Subsidência em larga escala, formação de ambientes de sedimentação marinho raso e profundo
- (c) Formação de depósitos sedimentares espessos
- (d) Formação da plataforma continental e talude – bacias oceânicas jovens

Estágio juvenil do Ciclo de Wilson

Clastos continentais
e carbonatos de
águas rasas

Evaporitos

Carbonatos
pelágicos



Early Divergent Margin

- First Two Stages
- Wilson Home Page

- **Fase Pós-Rift**

(a) Após longa período de tempo (a Bacia Atlântica tem um processo que já dura 110 M. anos) a subsidência por resfriamento tende a ser mínima. Nessa bacia a zona axial encontra-se a aproximadamente 14 km abaixo do nível do mar.

(b) Barreiras sedimentares podem ainda influenciar na progradação da plataforma e sequências sedimentares - subsidência da plataforma (carga sedimentar) continuam favorecendo deposição

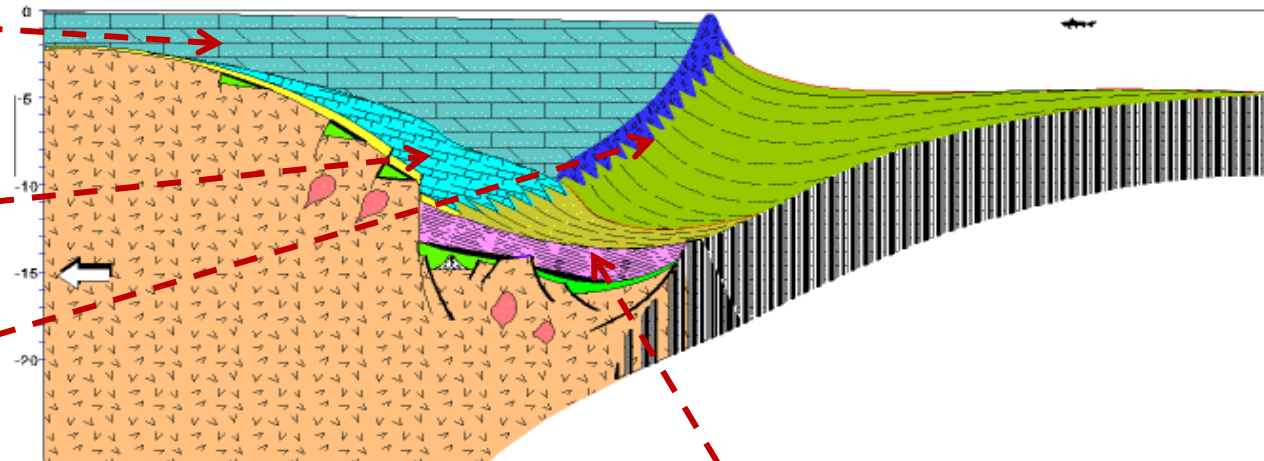
(c) Margens continentais maduras

Estágio maduro do Ciclo de Wilson

clastos continentais

carbonatos de águas rasas

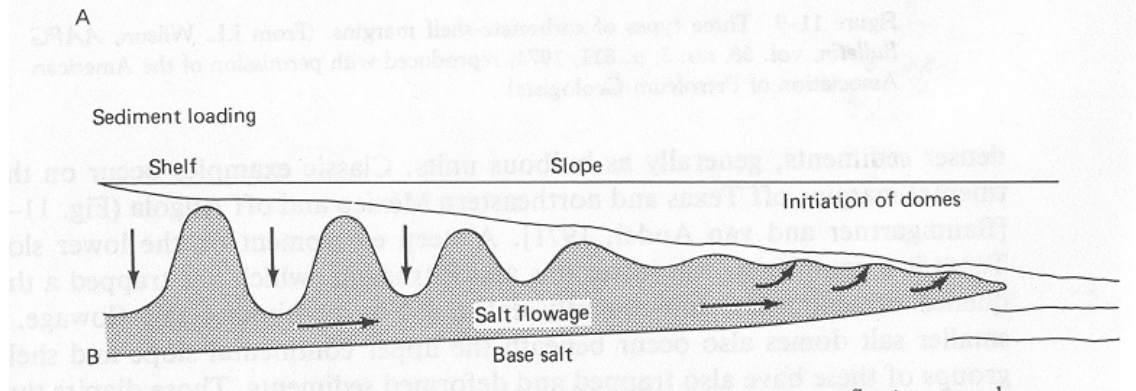
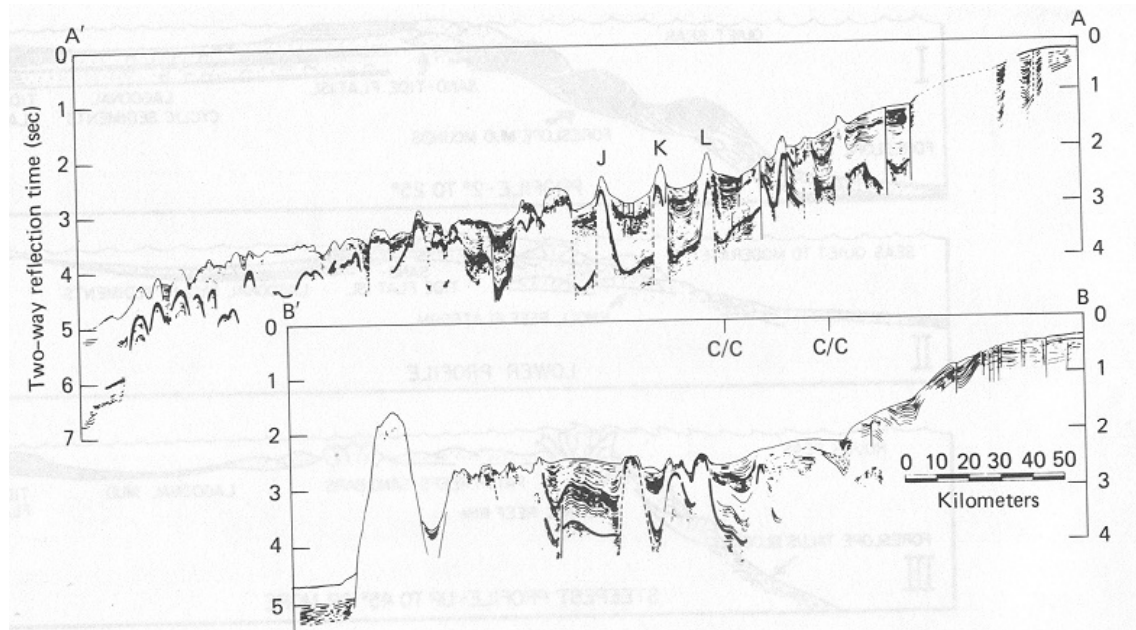
recifes de coral algais



Full Divergent Margin

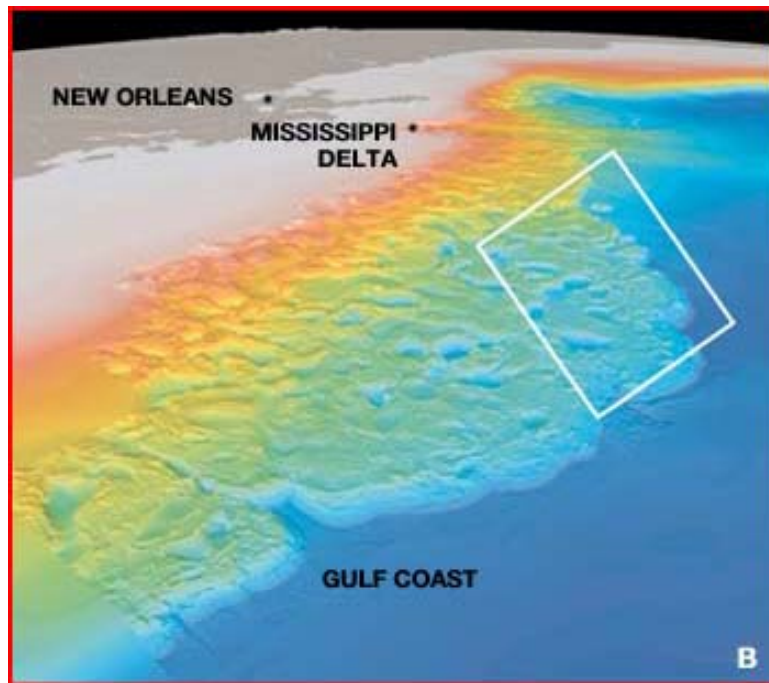
evaporitos

Crescimento de domos sal: pacotes de sedimentos com espessuras mínimas da ordem de 1200 m

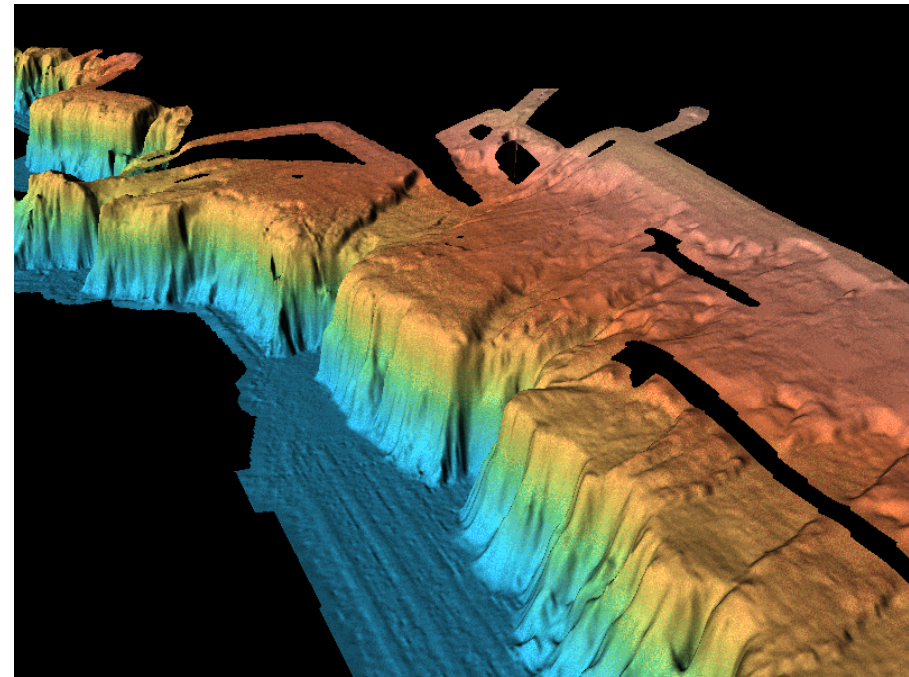


Exemplos

Diápiros no Golfo do México



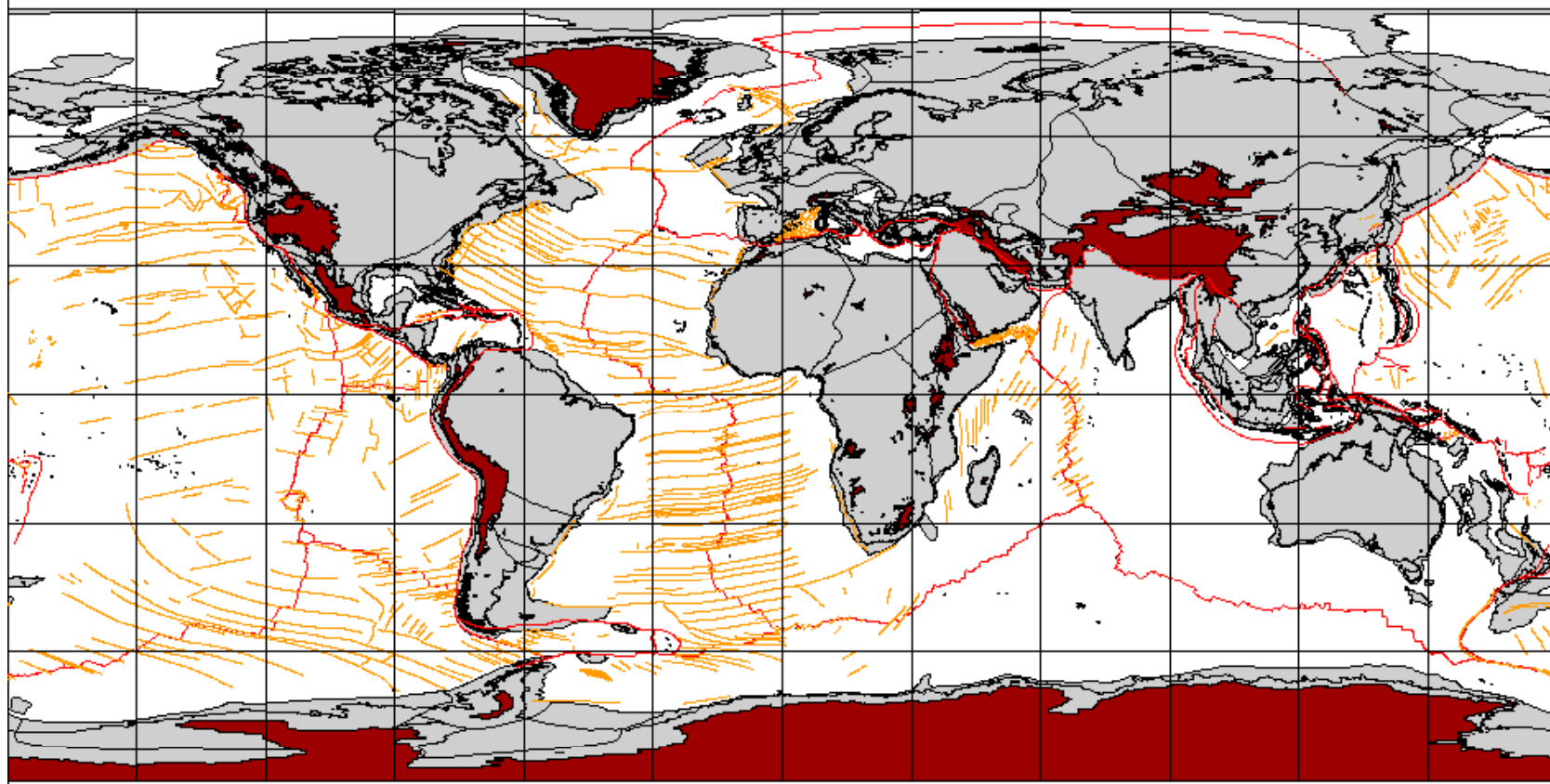
Bancos de coral algais na Flórida



EVOLUÇÃO DAS BORDAS TRANSFORMANTES

Generalidades

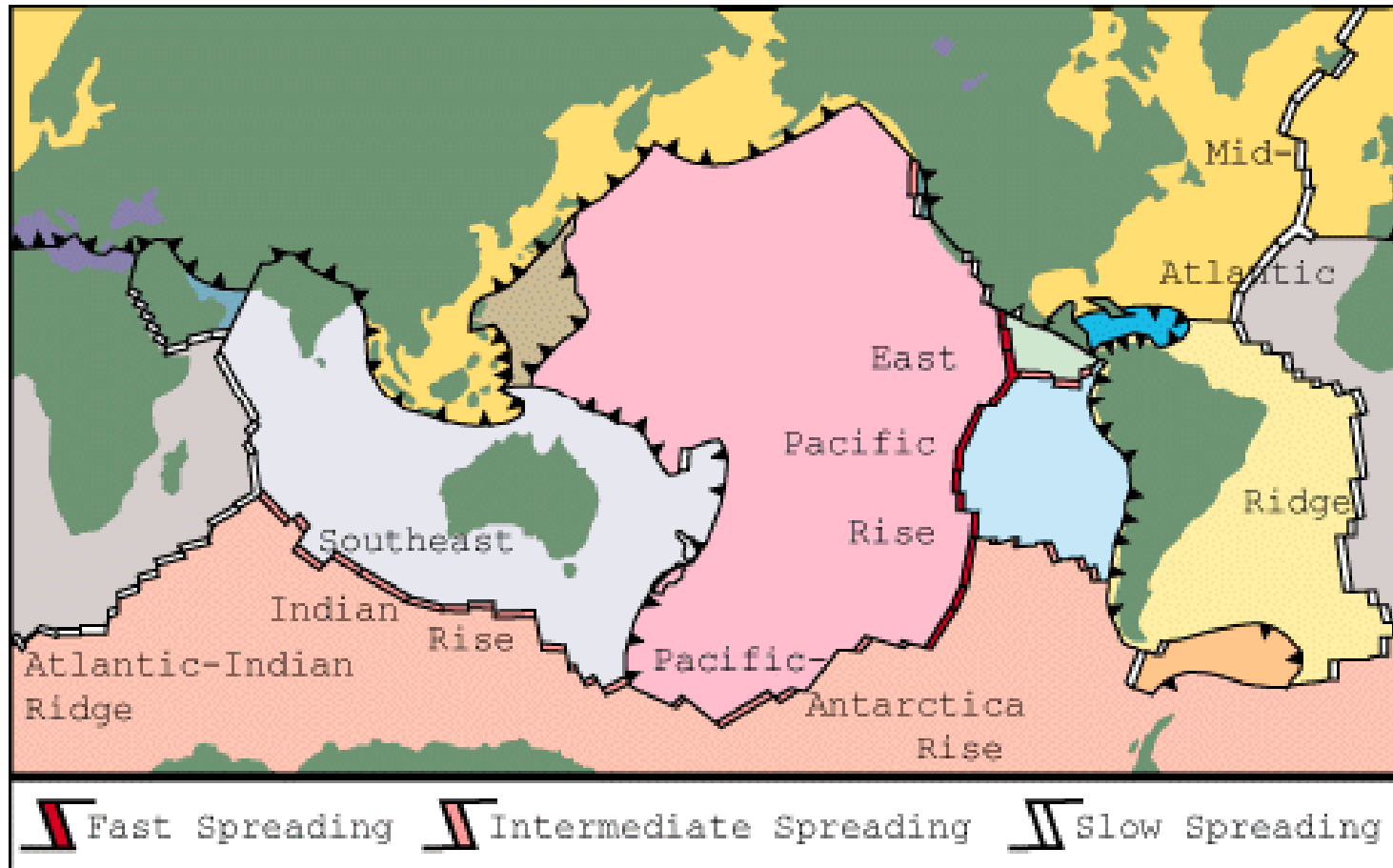
- O conceito de falhas transformantes foi desenvolvido por John Tuzo Wilson (1965, Nature).
- São lineamentos reconhecidos por rejeitos em áreas com anomalias magnéticas e hipocentros de sismos rasos.
- Os lineamentos indicados pelas anomalias magnéticas estendem-se para os lados, devido a prolongamentos dos traços das zonas transformantes.
- Limites transformantes (onde ocorrem falhas transformantes) são conhecidos também como limite de placa conservativas, uma vez que são bordas de placa onde não há geração ou destruição de placas.



Posição das mais importantes falhas transformantes na crosta oceânica

Mecânica e Morfologia

- Falhas são essencialmente estruturas de alívio de tensão, geradas por extensão, compressão, ou estresse lateral na crosta (superfície ou zonas mais profundas).
- Falhas transformantes especificamente **(a)** aliviam a tensão, suportando a deformação da crosta oceânica entre zonas de subducção e **(b)** agem como plano de fraqueza que permite o alívio de tensão nas zonas de rifte da crosta oceânica.
- São descritas como grandes zonas de fraturas com alto mergulho com extensões de até 4000 ou 5000 km. O deslocamento pode ser de dezenas a centenas de quilômetros.



Como o processo de geração de crosta oceânica produz um aumento de tensão na crosta, o alívio ocorre nas zonas de falha transformantes

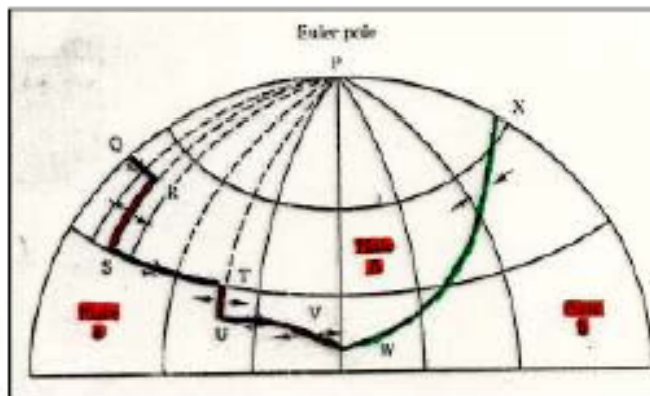
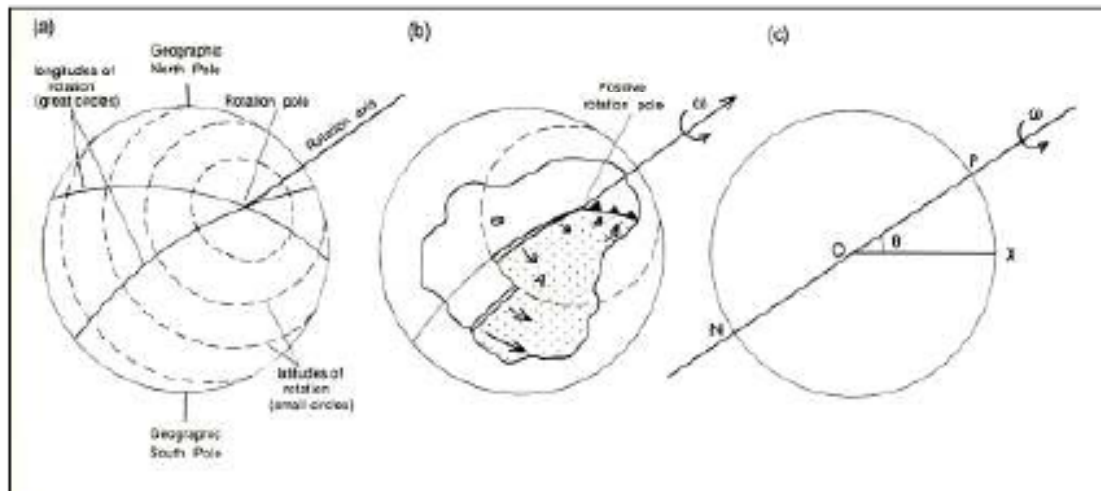


Figure 14-3 P is the Euler pole; A and B are plates. The boundary between A and B is irregular. RS and TU are ridge segments spreading perpendicular to the ridge axis; VV is a ridge segment spreading obliquely to the ridge axis; QR and ST are transform faults along which the plates slide past one another; VVX is a zone of oblique convergence.

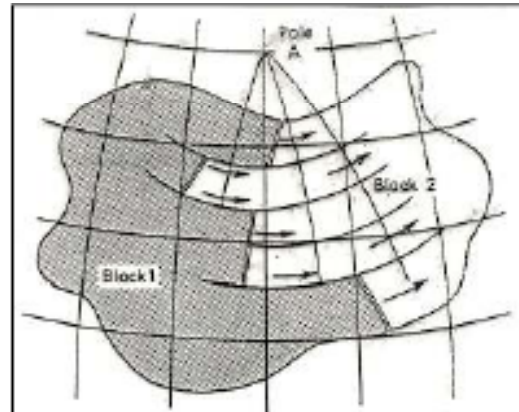
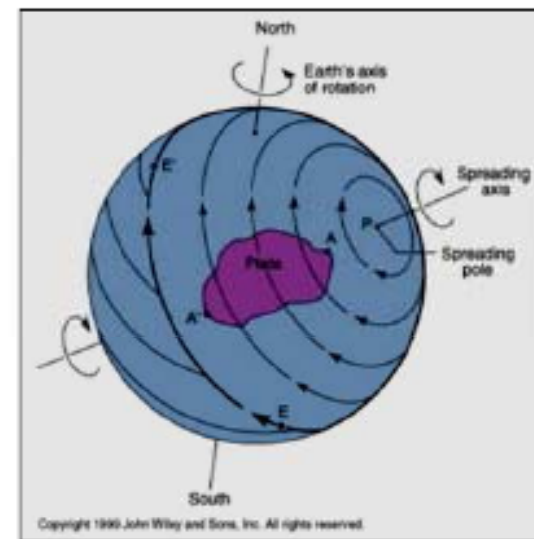
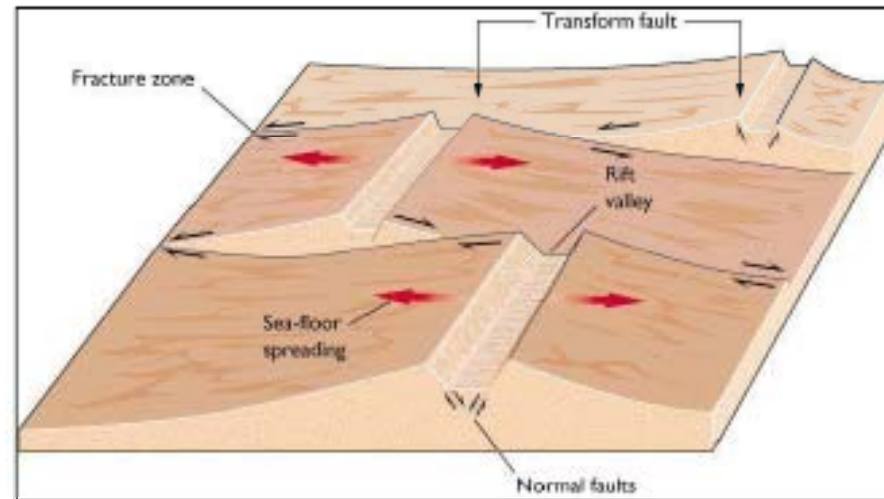
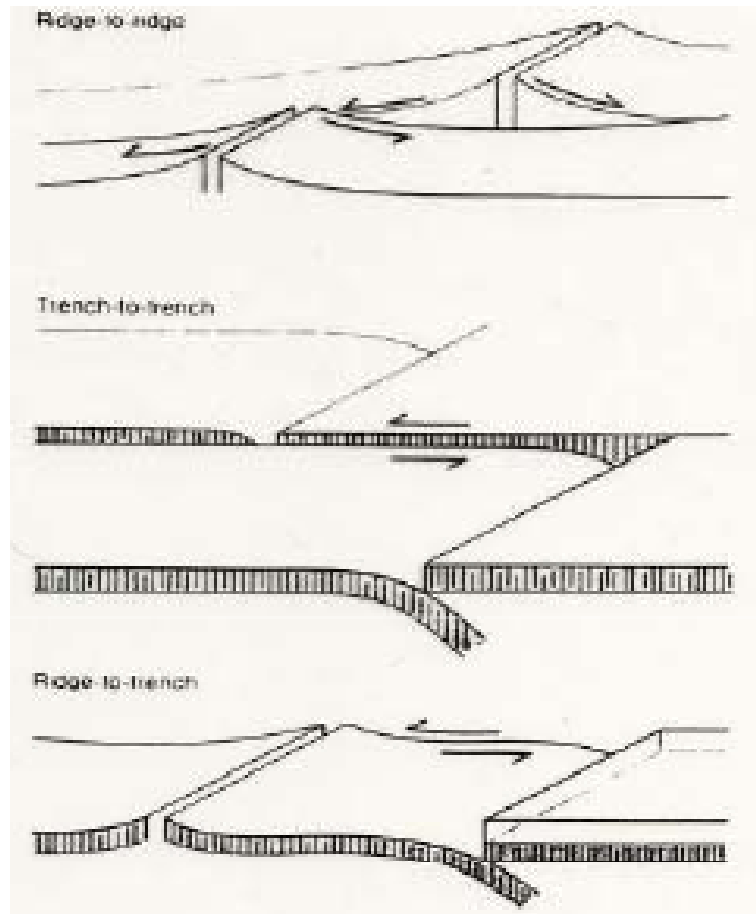


Figure 14-2. Transform faults on a spherical surface. On a sphere the motion of block 2 relative to block 1 must be a rotation about some pole. All faults on the boundary between 1 and 2 must be small circles concentric about the pole A. (From W. J. Morgan, Jour. Geophys. Res., 73, 1959, 1968, with permission.)



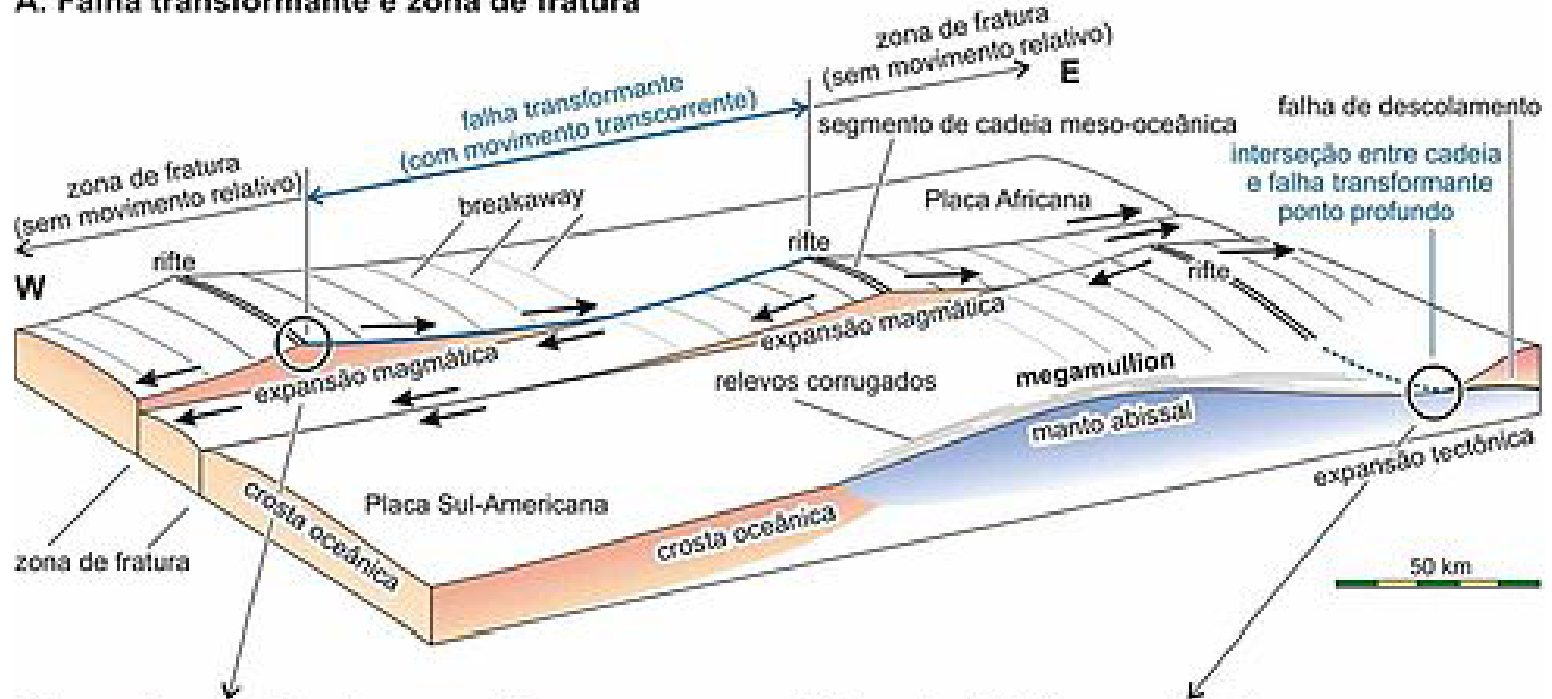
Falhas transformantes: paralelos de rotação
 Dorsais: em geral situadas nos meridianos de rotação (não obrigatoriamente)
 Zonas de subducção: geometria irregular



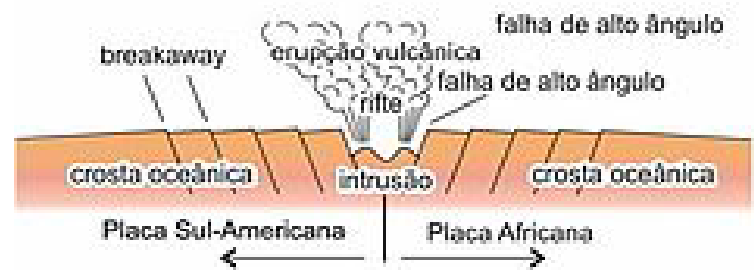
As bordas transformantes são essencialmente conservativas, ou seja, não criam ou destroem placas (ou partes delas)

- Falhas transformantes estão estreitamente relacionadas às falhas transcorrentes.
- Ambos os tipos de falhas apresentam movimentos do tipo direcional. A diferença fundamental é a seguinte:
 - (a) falhas transformantes ligam limites de placa a riftes, enquanto falhas transcorrentes terminam sem uma junção (podem, por exemplo, terminar em rabo de cavalo).
 - (b) falhas transformantes têm igual deformação em toda o plano de falha, enquanto falhas transcorrentes possuem maior deslocamento no meio da zona de falha e menos à margem.
 - (c) falhas transformantes podem formar um limite de placa tectônica, enquanto falhas transcorrentes não.

A. Falha transformante e zona de fratura



B. Expansão convencional com magmatismo



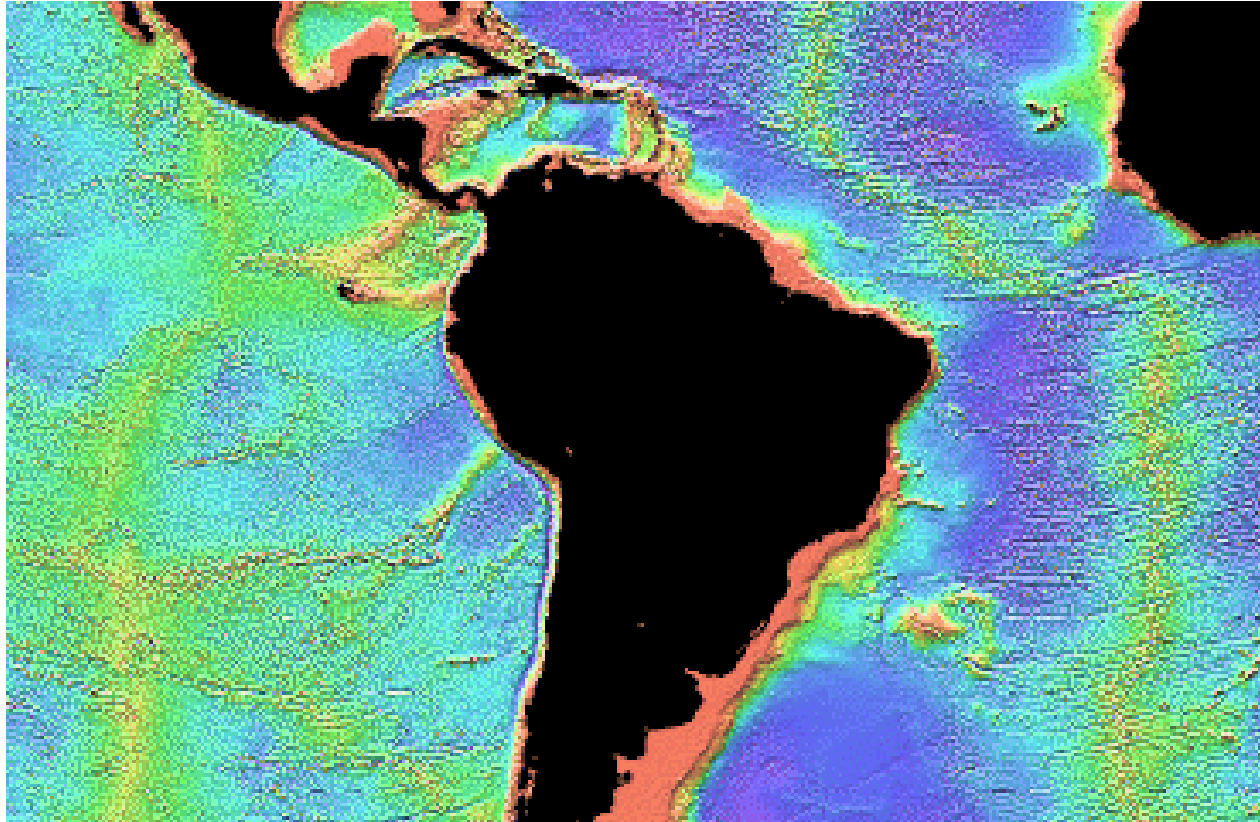
C. Expansão tectônica sem magmatismo



- As falhas transformantes apresentam movimento predominantemente direcional ou horizontal (sinistrógiros ou dextrógiros).
- Falhas transformantes terminam abruptamente, conectadas em extremidades de outras falhas, dorsais, ou zonas de subducção.
- Seu conjunto respeita um padrão em “ziguezague” para acomodar expansão dos fundos oceânicos.
- Tais falhas só se tornam problemáticas do ponto de vista de risco sísmico quando afloram na superfície da crosta continental como exceção à regra. Ex. Falha do Mar Morto; Falha de Anatólia; Falha de Santo André; Falha Alpina (Nova Zelândia).

- Sua orientação é diretamente ligada à posição de pólo de rotação entre as placas adjacentes, que apresentam movimentos semelhantes ao pólo de rotação do planeta, ou seja através de movimentos arqueados.
- O regime tectônico ativo nestas bordas é o direcional (deslocamentos horizontais de blocos).
- A cadeia meso-oceânica é cortada por uma série de segmentos descontínuos ligados pelas zonas de fraturas. Desde que estas falhas estejam bordejando dois cinturões transportados, o deslocamento das falhas é igual àqueles que separam duas seções das cadeias.
- Os traços das zonas transformantes são arcos de círculos em regiões oceânicas. Ali estão localizados os eixos virtuais de rotação em relação aos quais se dariam os descolamentos transformantes dextrógiros ou sinistrógiros.

- As falhas transformantes são pouco ativas sismicamente, mesmo onde estão às margens da crosta continental.
- A movimentação de uma falha transformante apresenta um caso particular:
 - (a) se dois observadores estiverem posicionados em lados opostos da cadeia, mesmo que estejam no mesmo bloco limitado por falha transformante, ambos se afastarão, movendo-se relativamente um em relação ao outro.
 - (b) caso os dois observadores estejam situados no mesmo lado da cadeia, porém em lados opostos da falha transformante, se deslocarão no mesmo sentido.



Modelo digital a partir de dados batimétricos da crosta oceânica, mostrando as zonas de alívio das falhas transformantes da Placa Sulamericama e da Placa de Nazca

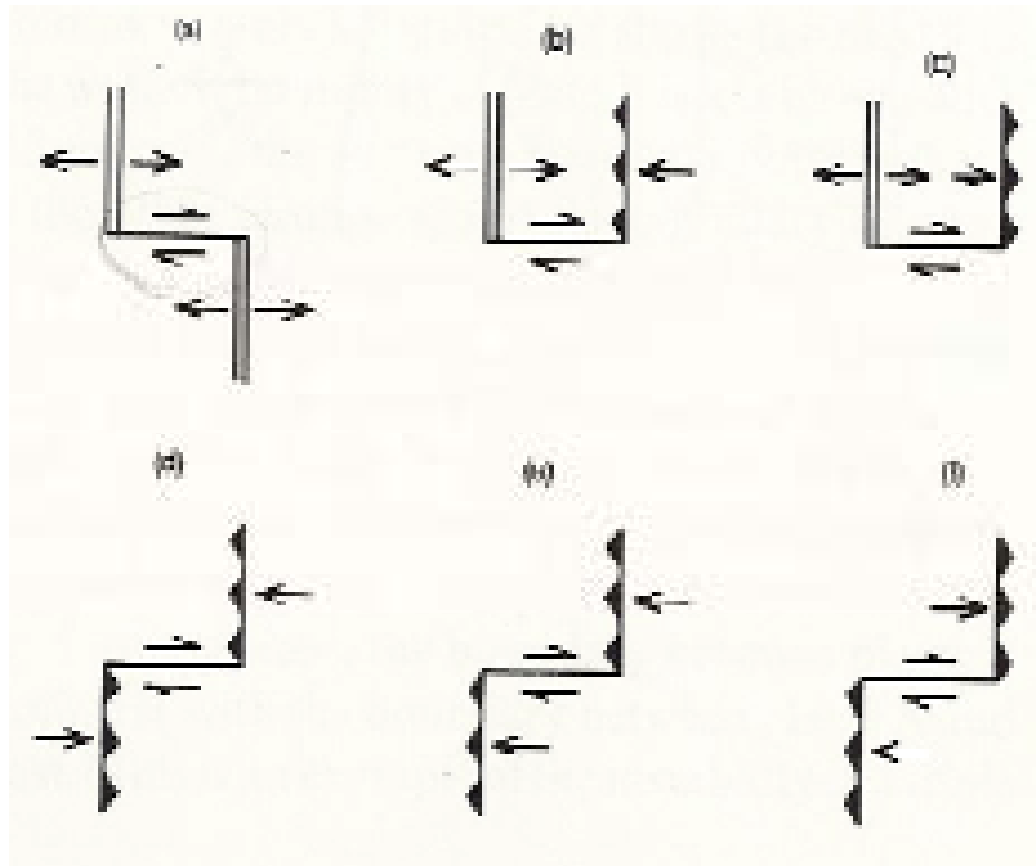
- Segundo Wilson os comprimentos de falhas transformantes podem variar

(a) comprimento crescente: situações em que uma falha transformante apresenta ligações entre uma zona de rifte e a placa superior em uma zona de subducção, ou duas placas superiores em zonas de subducção.

(b) comprimento constante: atribuídas a diversos motivos
(1) ligação dorsal-dorsal, onde há crescimento contínuo, cancelando qualquer mudança de comprimento; **(2)** quando duas placas superior estão ligadas não há mudança no comprimento, devido as placas se deslocarem paralelamente entre si sem geração de litosfera nova que poderia ocasionar a mudança de tamanho

(c) comprimento decrescente: em casos raros, falhas transformantes pode diminuir de tamanho. Isto ocorre quando duas placas em zona de subducção estão ligadas por falha transformante.

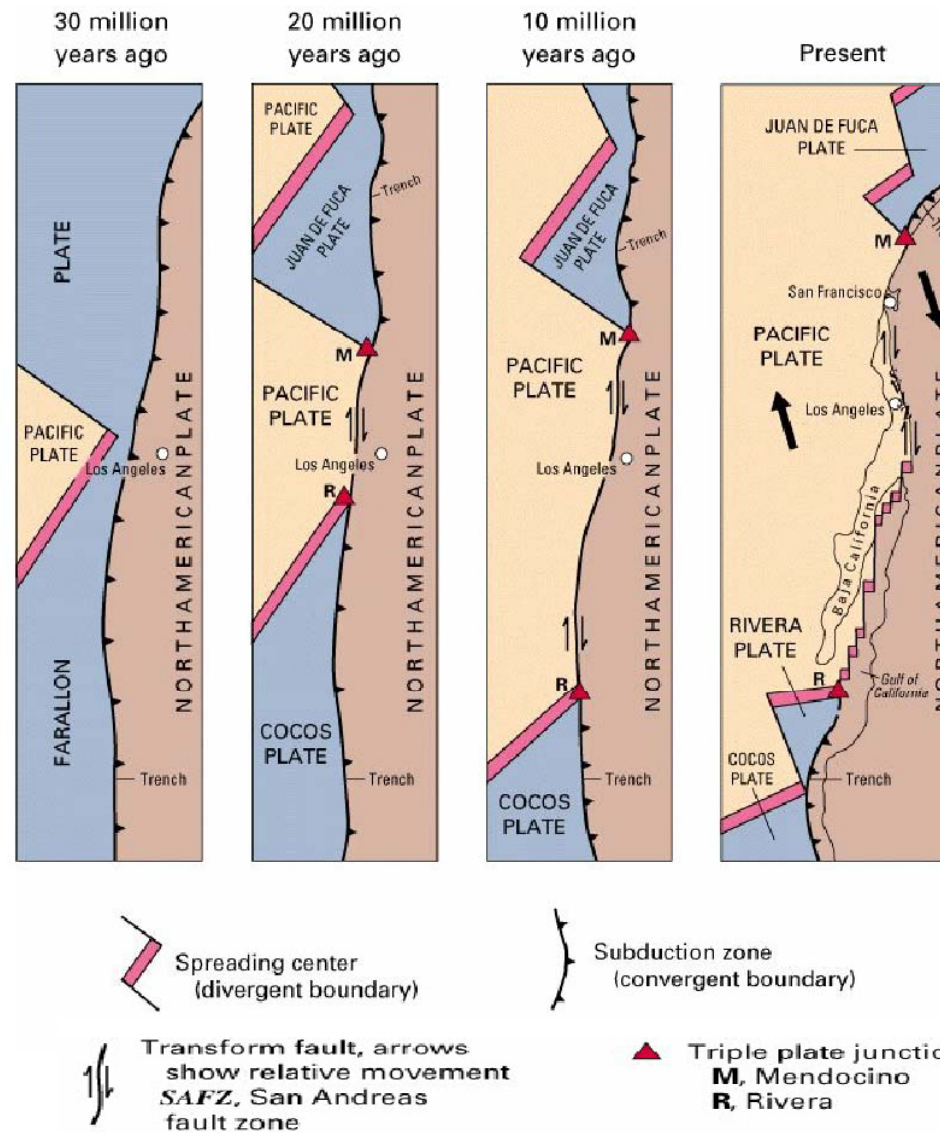
- As zonas transformantes podem ligar:
 - (a)** rifte da dorsal (cadeia) ao rifte da dorsal;
 - (b)** rifte da dorsal à zona de subducção (ou orógeno);
Zona de subducção (orógeno) à zona de subducção (orógeno);
- Afetam igualmente, porções de :
 - (c)** oceano/oceano: Ex. Falhas Transformantes do Atlântico
 - (d)** oceano/continente: Ex. Falha de San Andreas
 - (e)** continente/continente: Ex. Falha da Placa Norte Americana.
- Alguns outros exemplos podem ser encontrados tais como:
 - (f)** Falha do Mar Morto: liga a dorsal do Mar Vermelho à Cadeia de Zagras
 - (g)** Falha Alpina (Nova Zelândia): liga uma fossa a outra.
 - (h)** Falha entre a Fossa de Java e a extremo leste do Himalaia: falha entre um orógeno e uma fossa.



Segundo Wilson (1965) há seis tipos de zonas transformantes de acordo com suas ligações:

- (a)** Dorsal-dorsal; **(b)** e **(c)** dorsal-zona de subducção;
(d) **(e)** **(f)** zona de subducção –zona de subducção

Evolução da Falha de Santo André - Transformante



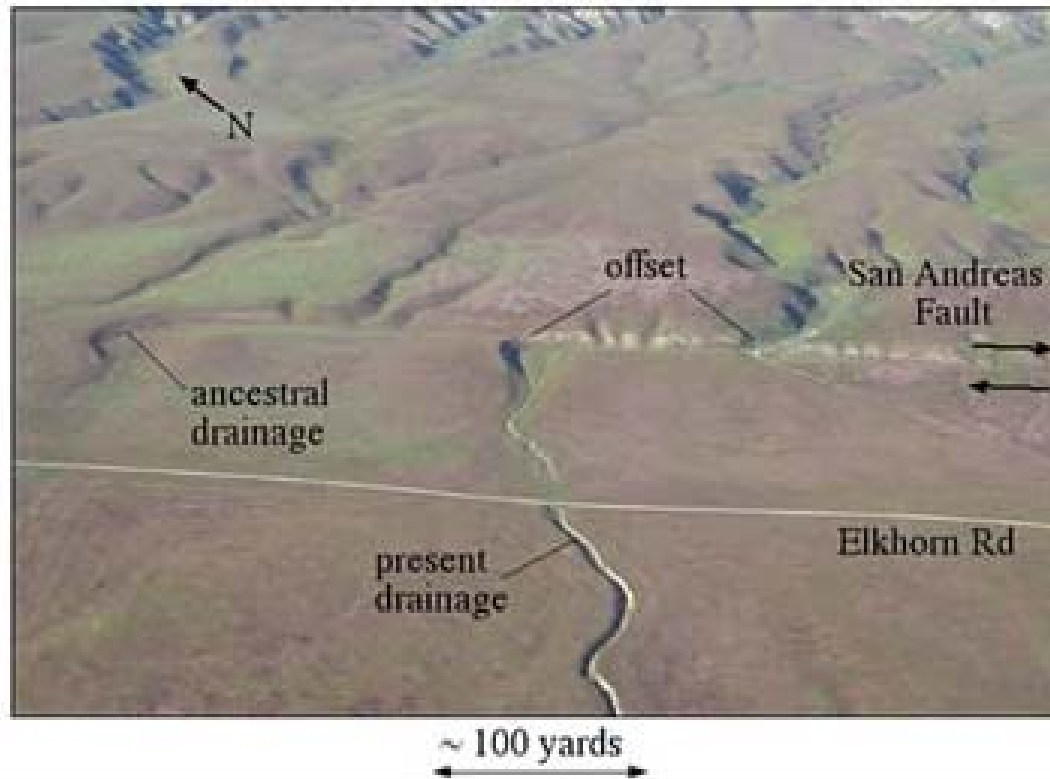
Atual feição morfo-estrutural da Falha de Santo André



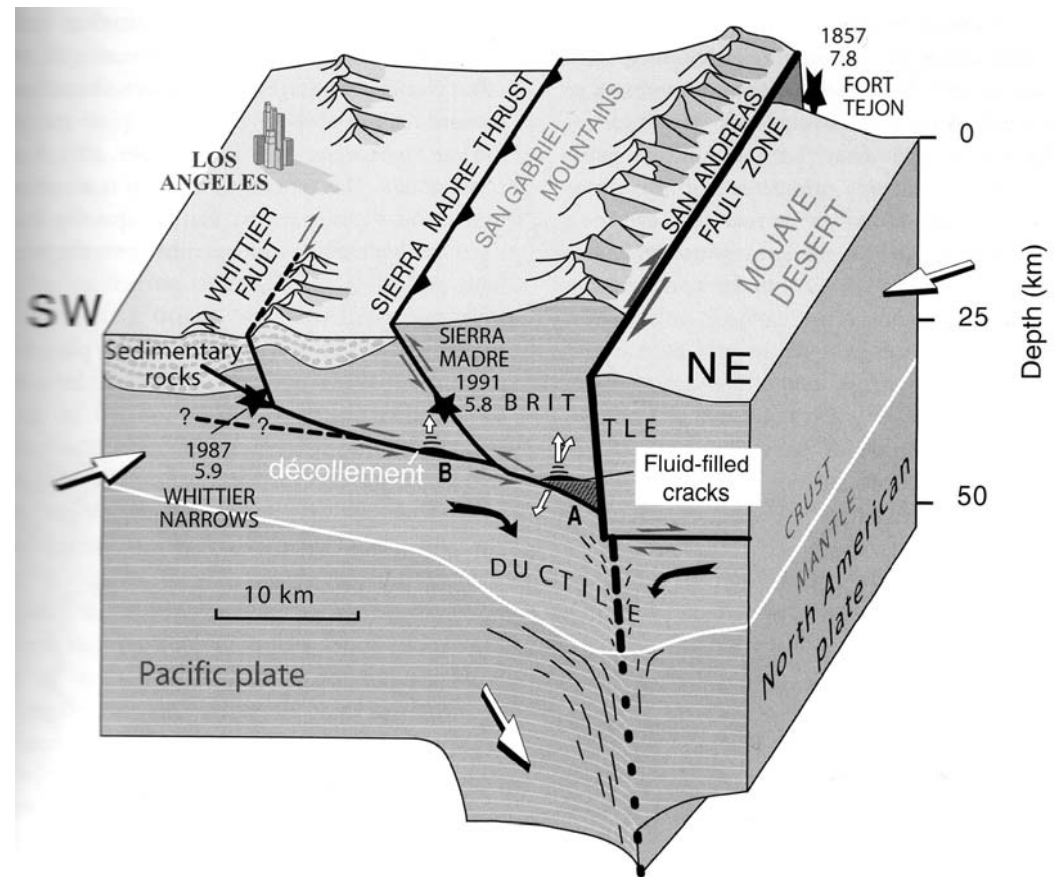
A Placa do Pacífico, onde está a cidade de Los Angeles, desloca-se para Norte, enquanto a Placa Norte-Americana, onde está a cidade de São Francisco, movimentar-se para Sul.

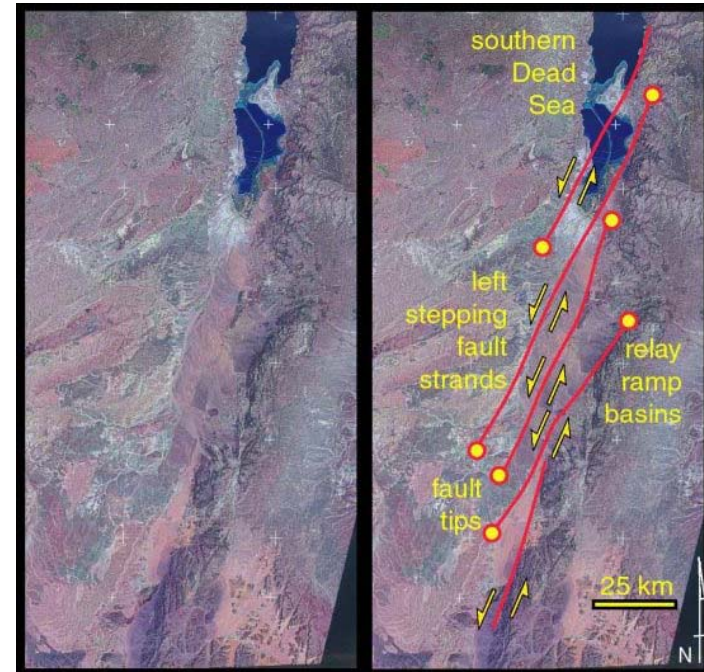
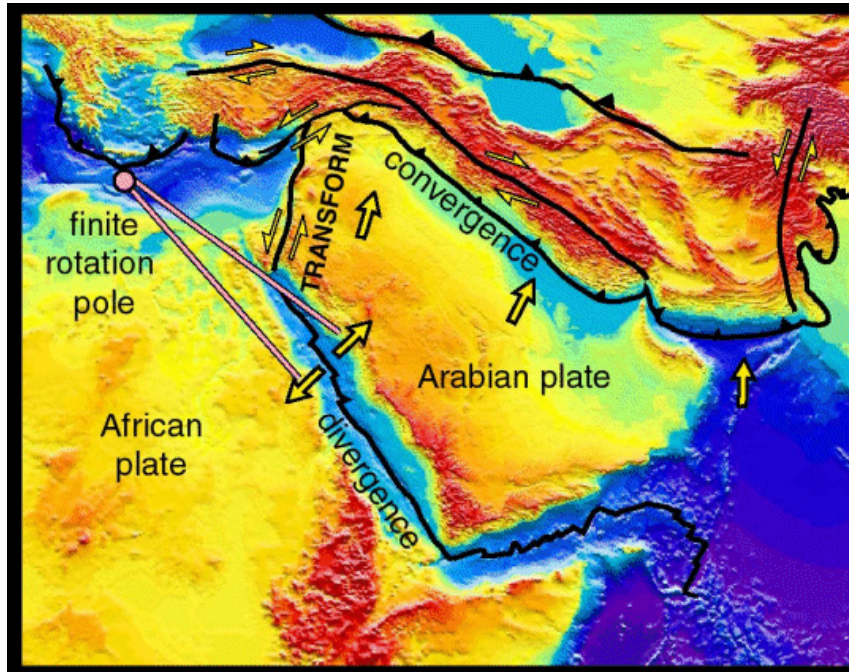
Feições morfofotecônicas da Falha de Santo André

Wallace Creek



Características tectono-geológicas locais, na zona da Falha de Santo André.



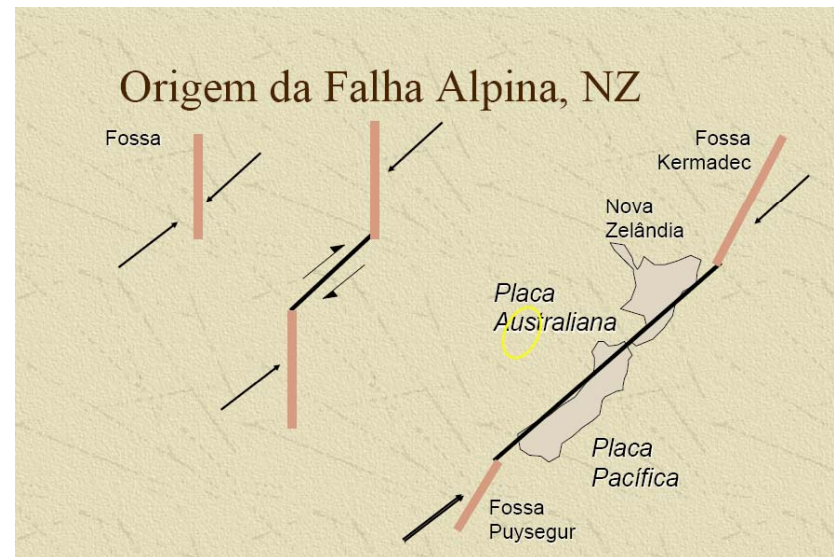


Falhas de Anatólia e do Mar Morto: o sistema de falhas teve início há cerca de 20 M. anos

Há componente compressional com zonas de retenção do deslocamento – formação de montanhas



Características cartográficas das falhas de Anatólia (norte e o este) e da falha do Mar morto



Esquema evolutivo da Falha Alpina (Nova Zelândia) entre a Placa Australiana e a Placa Pacífica