

# GEOLOGIA ESTRUTURAL

Aula 10

MORFOESTRUTURAS

Prof. Eduardo Salamuni

(Arte: Acadêmica Marcela Fregatto)

# INTRODUÇÃO

---

## PRINCÍPIOS BÁSICOS DE GEOMORFOLOGIA

- A geomorfologia objetiva a análise das formas do relevo por meio de sua descrição e dos processos que as formaram. Tais processos são resultantes das forças endógenas (processos tectônicos) e exógenas (mecanismos climáticos).
- A forma do relevo é extremamente dinâmica mudando rapidamente ao largo do Tempo Geológico; por exemplo, o tempo de vida de uma escarpa "fresca" em climas temperados é de 100.000 anos em média.
- A análise geomorfológica implica em se reconhecer, em uma área qualquer, as diferentes fases evolutivas a que esteve submetida.

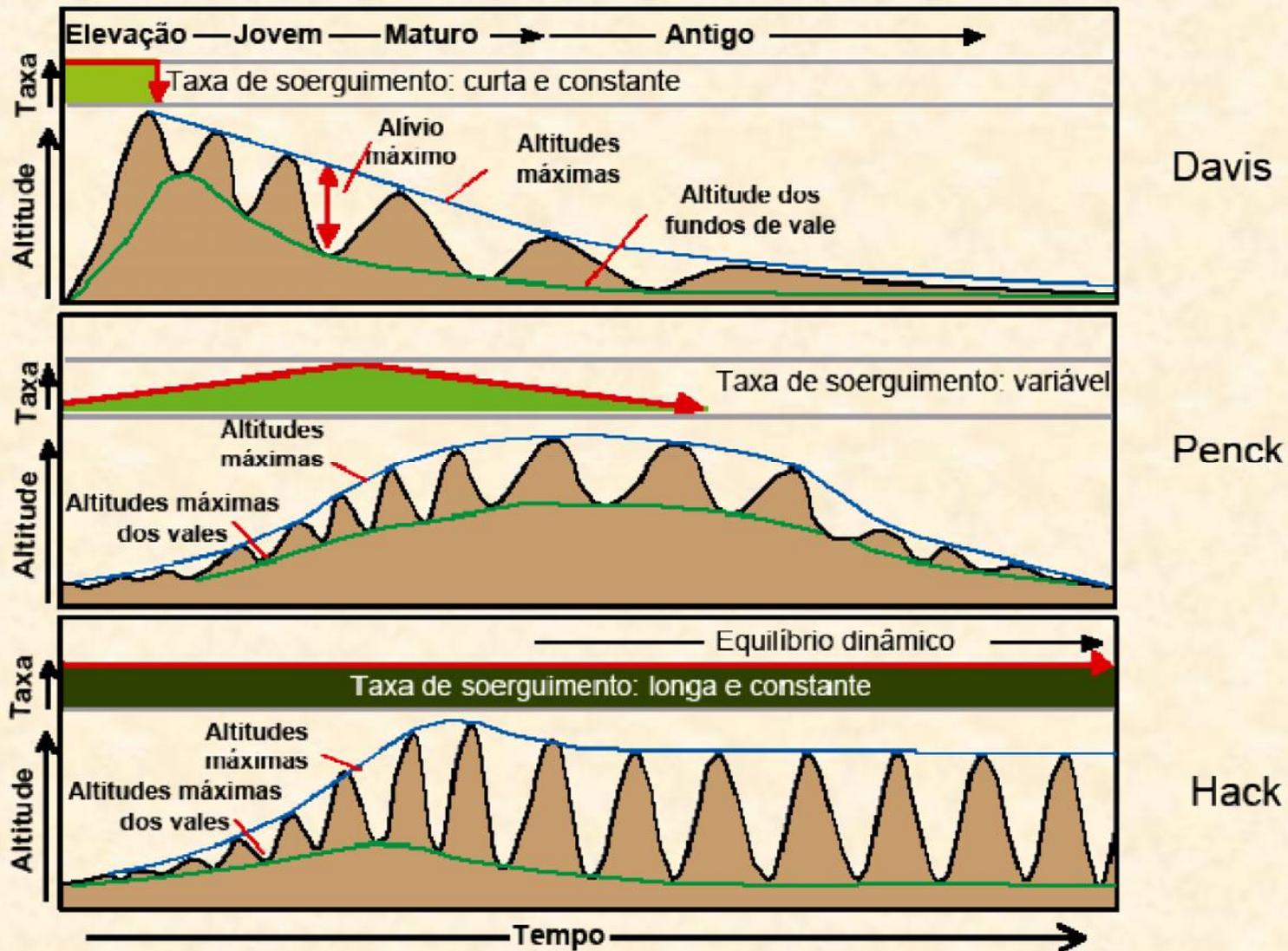
---

## NÍVEIS DE ABORDAGEM DA CIÊNCIA GEOMORFOLÓGICA (segundo Ab´Sáber, 1969)

- a) Compartimentação morfológica: concentra-se nas observações relativas aos diferentes níveis topográficos e características morfológicas intrínsecas aos terrenos analisados.
- b) Caracterização da estrutura superficial: entendimento histórico da evolução do relevo, por exemplo pela observação dos depósitos correlativos ou formações superficiais (tipo de material acumulado em correlação com determinada condição climática, ou seja, gerado por meio de processo morfogenético qualquer).
- c) Fisiologia da paisagem: compreensão da ação dos processos morfodinâmicos atuais, mesmo com a ação antrópica direta ou indireta provocando ou atenuando desequilíbrios naturais.

É possível agregar a caracterização morfotectônica/morfoestrutural pela compreensão da morfotectônica como processo de deformação geológica da crosta, que tem influência na arquitetura geomorfológica local.

# Modelos clássicos de evolução do relevo: Davis, Penck e Hack



Modificado de Summerfield (1991)

# RELEVO

---

## PROCESSOS CLÁSSICOS DE EVOLUÇÃO

Grandes unidades de relevo também são chamadas de domínios morfológicos ou domínios morfoestruturais (unidades geomorfológicas estruturais). Tais unidades e o tempo transcorrido (responsável pela elaboração morfológica em função dos diferentes mecanismos morfoclimáticos) implicam no grau da evolução do relevo.

As feições morfoestruturais de larga escala no Brasil reconhecidas na arquitetura dos continentes foram definidas por Ab'Sáber (1975) e outros e são resumidas a seguir:

Terrenos cratônicos (ou escudos): representam terrenos de consolidação e aglutinação muito antiga, que se apresentam como maciços, montanhas em blocos, superfícies de erosão, espinhaços montanhosos e planaltos de estruturas complexa. Os escudos são responsáveis pelo fornecimento de sedimentos que entulham faixas intracratônicas, implicando em compensações isostáticas, as quais permitiram a continuidade do entulhamento das bacias por subsidência e processo de exumação das estruturas cratônicas adjacentes, por arqueamento.

---

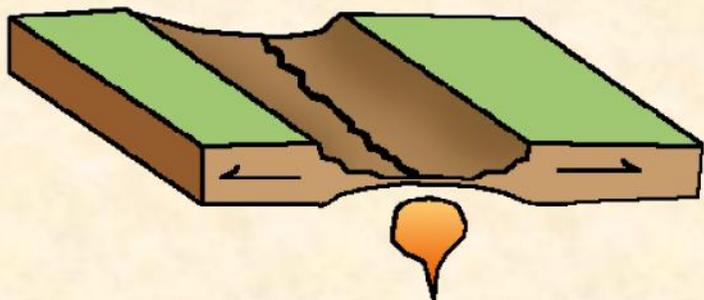
Cadeias de montanhas orogênicas (grandes cordilheiras): marcadas por sua larga extensão e altitudes médias geralmente elevadas, com larguras variáveis podendo conter cones vulcânicos de elevada altitude. As grandes cordilheiras são resultantes da deriva e do choque de placas, o que implica em soerguimento de depósitos marinhos iniciados geralmente no Eopaleozóico (5000 a 10000 m de sedimentos)

Bacias sedimentares muito deformadas por dobras e falhas: geralmente delimitam áreas de convergência de placas, transformadas em cordilheiras ou arcos insulares.

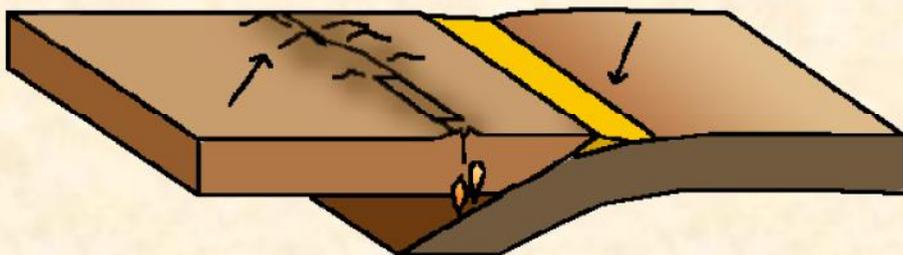
Bacias sedimentares pouco deformadas: denominadas de intracratônicas por estarem embutidas nos escudos caracterizadas por planaltos sedimentares ou basálticos, tabuliformes ou ligeiramente cuestiformes.

Áreas de sedimentação moderna ou em processo de sedimentação: caracterizam as terras baixas em geral, como as planícies de extensão continental, tabulares e baixos platôs ou depressões interiores.

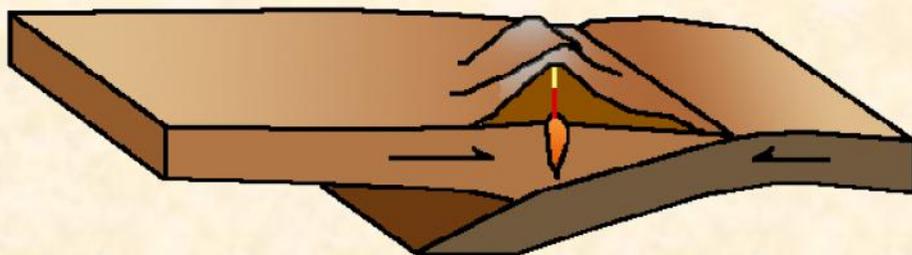
A) Divergente



B) Transformante



C) Convergente

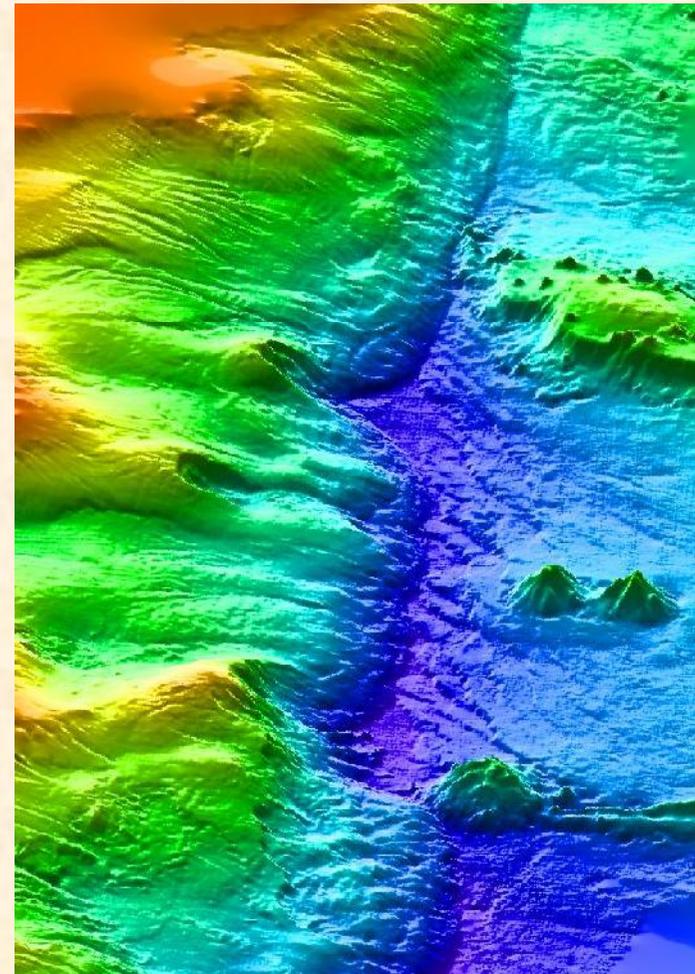
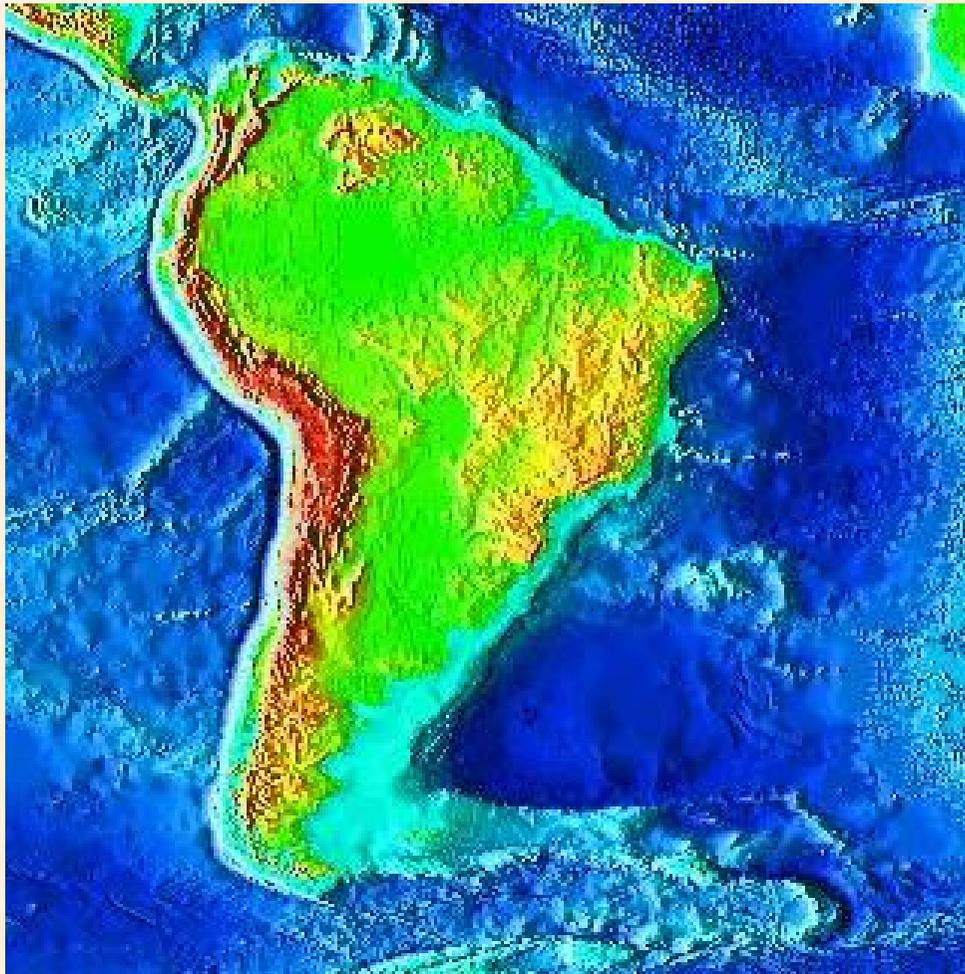


Interação entre bordas de placas: divergente, transformante e compressional.

São a principal causa da formação de relevo na escala continental nas bordas de placa, que podem evoluir e influenciar partes centras da placa (p. ex. a borda ocidental das bacias marginais brasileiras).

---

Placa Sulamericana: relevo de crosta continental e relevo de talude oceânico em direção à crosta oceânica possui forte influência dos eventos passados da cadeia meso-atlântica.



# MORFOESTRUTURAS EM BACIAS SEDIMENTARES

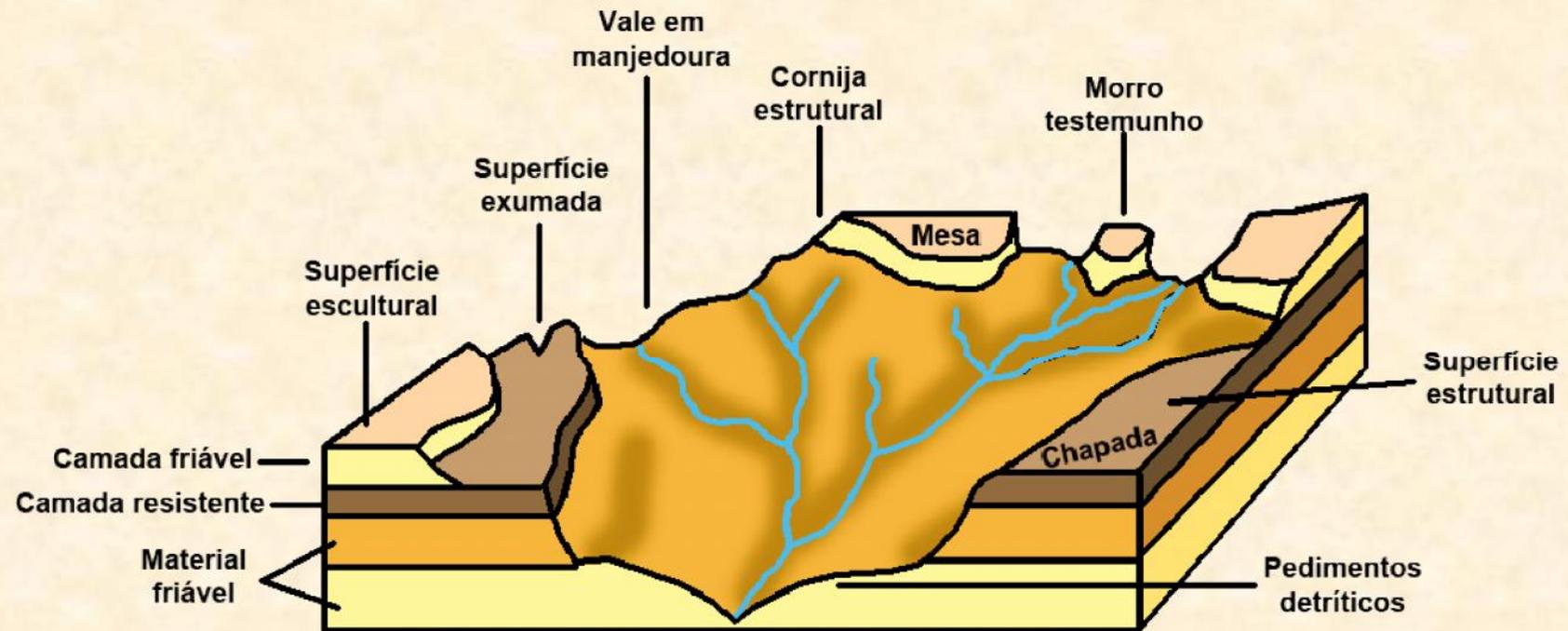
---

## Relevos tabuliformes

Vinculados a camadas sedimentares horizontais ou sub-horizontais, associados ou não a derrames basálticos concordantes. Correspondem às chapadas, chapadões e tabuleiros, mesetas em níveis altimétricos diferenciados. A sequência de eventos para a construção de relevos tabuliformes é a seguinte, segundo Bigarella (1968) e Casseti (1994):

- (a) Organização do sistema hidrográfico devido ao clima mais úmido associado a efeitos epirogenéticos. A orientação do sistema fluvial está associada à imposição do mergulho das camadas ou orientação topográfica ligada ao processo de pediplanação;
- (b) Os esforços epirogenéticos e/ou tectônicos influenciam a drenagem a entalhar o talvegue, admitindo-se implicações morfológicas na elaboração dos vales pela possibilidade de alternâncias litológicas;
- (c) A alternância de clima úmido para clima seco, implica na evolução (denudação) horizontal do modelado, ou seja, recuo paralelo das vertentes por desagregação mecânica: (a) no clima úmido a evolução é vertical; (b) no clima seco a evolução é nhorizontal.

# Relevo tabuliforme



---

## Relevos cuestiformes

- Cuestas ou relevos cuestiformes relacionam-se a estruturas sedimentares (podem ou não estar associados a estratos basálticos e, geralmente, posicionam-se nas bordas das bacias sedimentares). São monoclinais ou homoclinais cujos mergulhos estão entre 1° a 10°.
- A evolução da cuesta depende de vários fatores. Os principais são o mergulho das camadas e a espessura dos estratos mais resistentes, em relação aos mesmos.

## Arquitetura que compõem o relevo de cuesta

### Front, reverso e morro testemunho

- Front: escarpa erosiva (costão) posicionado entre a depressão ortoclinal e o reverso da cuesta. Na região do front localizam-se a cornija e os depósitos de tálus (detritos localizados na base do front).
- Reverso: porção de cimeira da cuesta iniciada na seção superior do front e que progride em direção ao centro da bacia sedimentar.

# MORFOESTRUTURAS EM ÁREAS TECTONIZADAS

---

## Relevo do tipo hog-back

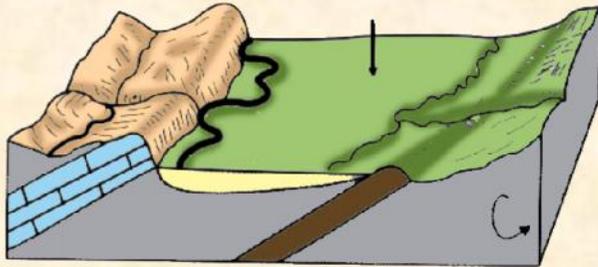
- São formas semelhantes às cuestras (estruturas monoclinais) com mergulhos superiores a  $30^\circ$ . Tais mergulhos estão ligados a processos tectônicos (p.ex. dobras, falhas rotacionais, basculamentos). Os hog-backs também apresentam mergulhos altos a bastante altos, com morfologia semelhante àquela das cristas dos diques de rocha básica.

## Relevo dômico

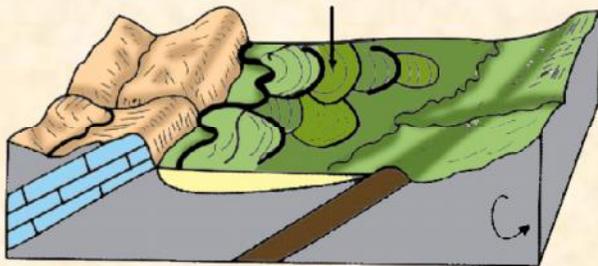
- Resultado de atividade intrusiva (fenômenos magmáticos). São melhor visualizados em áreas sedimentares onde o arqueamento ou a forma de abóboda é mais saliente. A forma e a dimensão do domo é controlada pelo tamanho/volume e pelo tipo da intrusão que pode ser concordante com os estratos (soleiras, lacólitos, lapólitos e facólitos) ou não (diques, necks, apófises e batólitos). Tais intrusões estão direta ou indiretamente ligadas a problemas de movimentação tectônica, geralmente em cinturões orogênicos ou tafrogênicos.

# Relevo hog-back

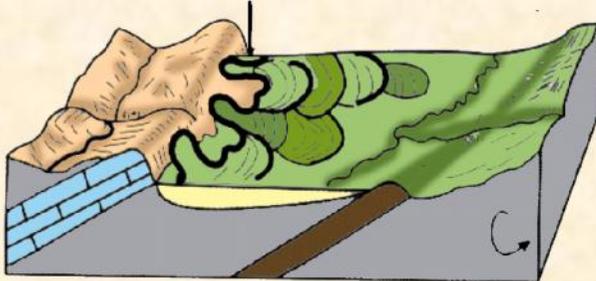
Vale Assimétrico



Padrão assimétrico de mosaico



Canal assimétrico



# MORFOESTRUTURAS EM TERRENOS DOBRADOS

---

Dada a geometria bastante variável das dobras, os relevos derivados da erosão destas estruturas igualmente são variados. As formas fundamentais são as dobras normais sinclinais ou anticlinais.

Nos casos básicos das dobras normais, onde o plano axial está empinado ou vertical, é possível considerar dois tipos de relevo:

- (a) Tipo Jurássico (região de Jura, França)
- (b) Tipo Apalachiano (região dos Apalaches, leste dos EUA).
- (c) Tipo Himalaiano (região do Himalaia, Tibet)

---

## Relevo Tipo Jurássico

A intercalação de camadas de diferentes resistências responde pela inversão do relevo: anticlinais estão arrasadas e sinclinais alçadas. A evolução a partir de um clima seco seria:

- (a) Recuo paralelo da saliência topográfica anticlinal, com pediplanação tendo como nível de base os vales sinclinais. O material resultante preenche (inuma) as calhas sinclinais. No clima úmido há organização do sistema hidrográfico que ocupam geralmente eixos das dobras.
- (b) Os talvegues vão se aprofundando de forma significativa até a alteração climática, quando as vertentes tornam a recuar por desagregação mecânica, com alargamento de vales.
- (c) Em nova mudança climática, com retorno do clima úmido há a reorganização da drenagem com implantação de rios nos antigos vales e novas drenagens perpendiculares aos mesmos



Relevo jurássico, com altas montanhas em zona de convergência atual de placas.  
Montanhas Jura, Alpes. Foto: autoria desconhecida

---

## Relevo do Tipo Apalachiano

Caracteriza-se pelo paralelismo de cristas e vales originados a partir de um total aplainamento da dobra. Segue a seguinte evolução:

(a) Inicia em uma sequência de estratos de reologia heterogênea (mais ou menos competente), com a implantação de rede de drenagem devido a ascensão epirogenética há a possibilidade de ocorrer sinclinais suspensos ao lado de anticlinais arrasados.

(b) Após a pediplanação geral a drenagem tende a entalhar o talvegue, cortando camadas de diferentes resistências ortogonalmente à direção dos eixos das dobras. Neste ínterim desenvolvem-se os tributários paralelos aos eixos das dobras, formando um padrão de drenagem retangular.

(c) A continuidade da evolução do relevo mostra a existência de cristas e vales paralelos. Há a manutenção de cristas monoclinais, anticlinais e/ou sinclinais, mantidos por camadas resistentes, mas também vales sinclinais e anticlinais.

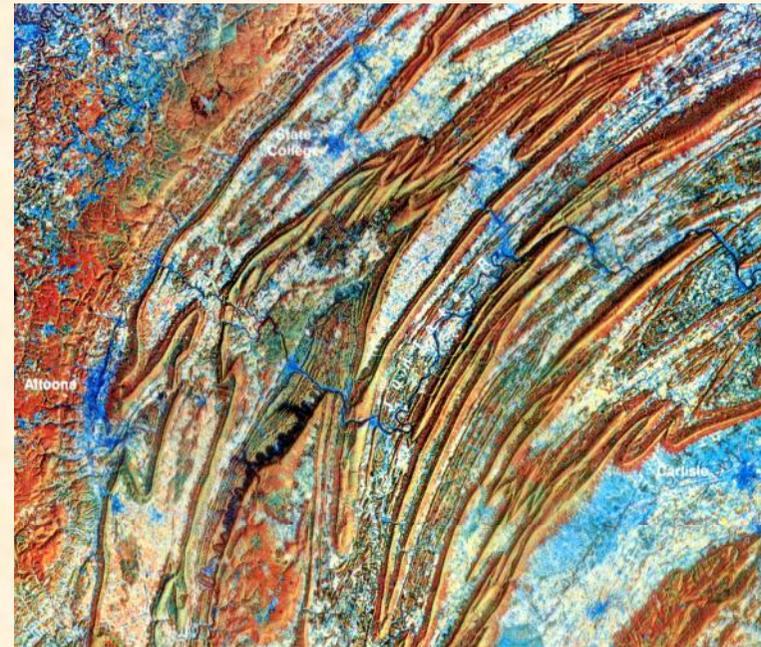
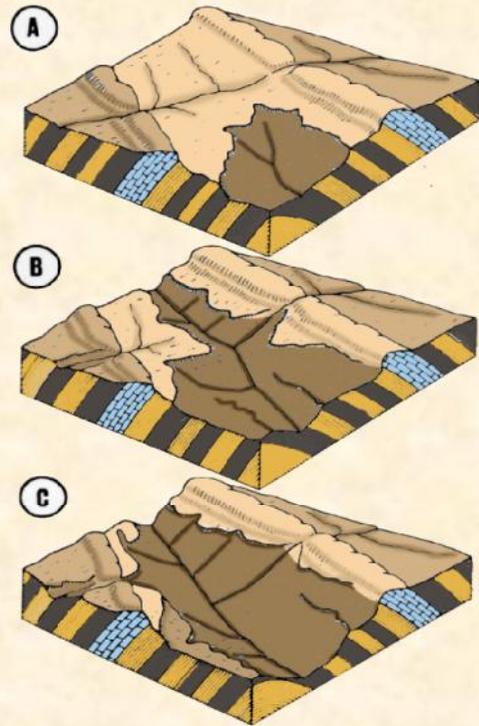
---

## Relevo do tipo Apalachiano: morfoestruturas



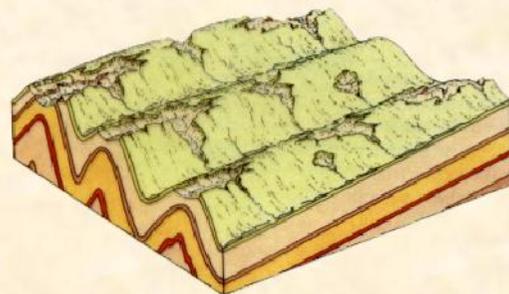
Relevo apalachiano, com altas montanhas em zona de convergência antiga de placas.  
Cadeia de Montanha Zagros, Irã. Fotos: autoria desconhecida

## Relevo tipo Apalachiano: exemplo de evolução

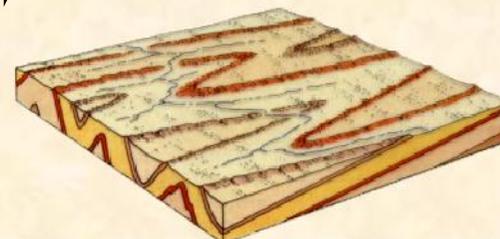


Província Valley and Ridge, Apalaches.  
Imagem: earth Satellite Corp. – Photo  
Researchers, Inc.

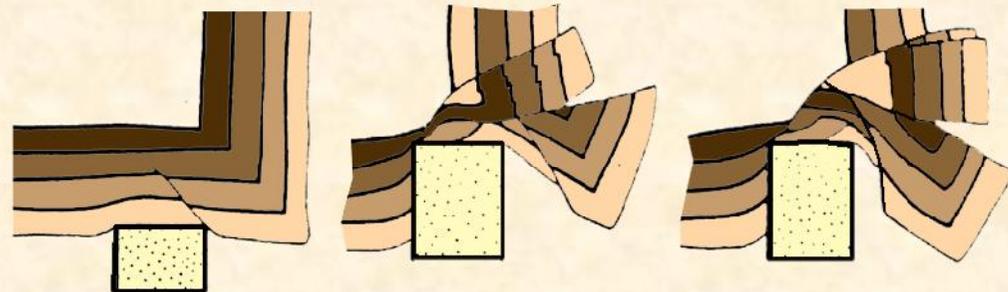
Estágio Inicial



Estágio Final



## Relevo Tipo Himalaiano



**Modelo de edentação. Simulação de deformação progressiva por movimento de bloco (amarelo) em massa de plasticina. Notar que a massa é extrudida para a direita por transcorrências.**

Modificado e adaptado de Tapponier *et al.* (1982)

---

## Relevos controlados por falhas

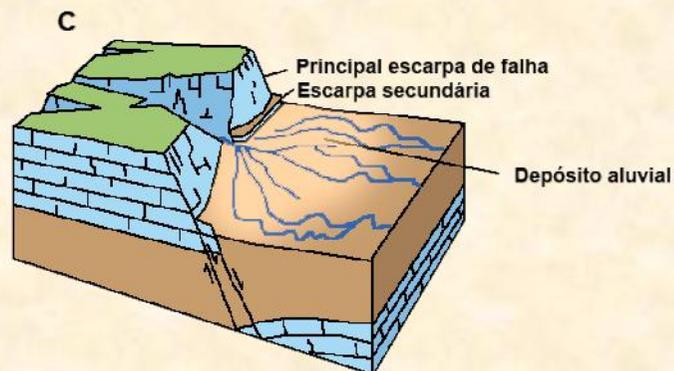
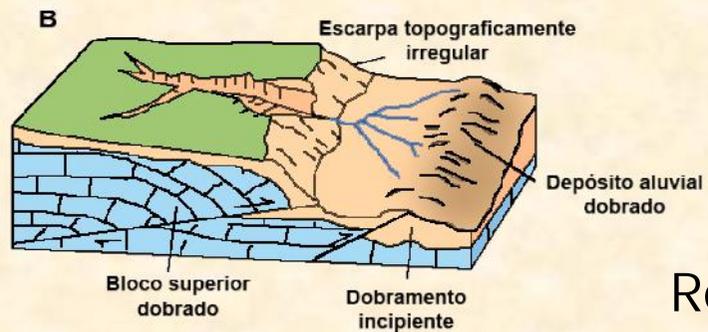
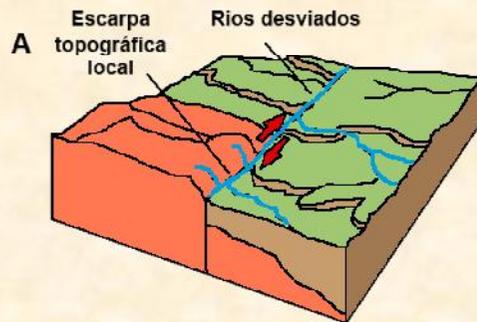
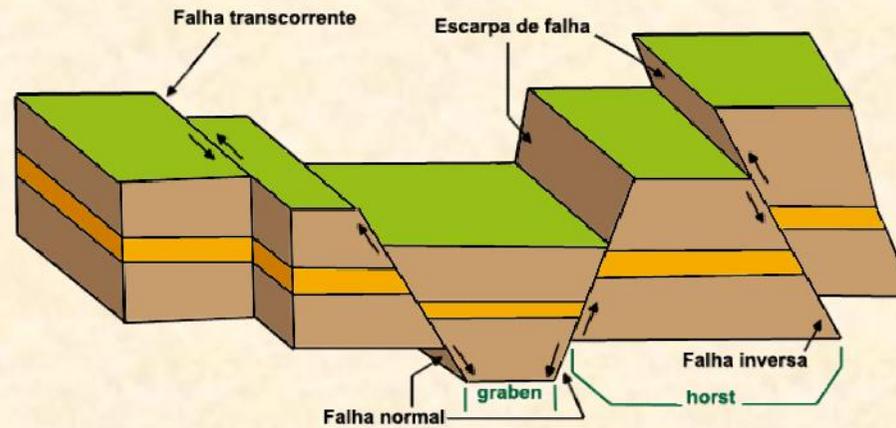
Como as falhas apresentam infinitas combinações em termos de extensão e arranjo de blocos adjacentes, a arquitetura do relevo resultante da erosão dos blocos, com desníveis topográficos, será bastante variável.

Em quaisquer tipos de falhas pode haver a geração de escarpas que produzirão características típicas de fronts de relevo cuestiforme e até hog-backs.

Cursos de rio, na geração de escarpas, poderão ser desviados e capturados ou então as entalham, fazendo a escarpa recuar progressivamente gerando feições típicas de escarpas de falhas, como as facetas trapezoidais e/ou triangulares.

O bloco "alto" será dissecado e arrasado até que atinja o nível de base, que é o bloco rebaixado. O processo retoma o ciclo se houver rejuvenescimento ou novo movimento dos blocos adjacentes. Caso isto não aconteça, poderá ocorrer inversão do relevo e conseqüentemente da direção dos cursos de água.

## Tipos de falhas



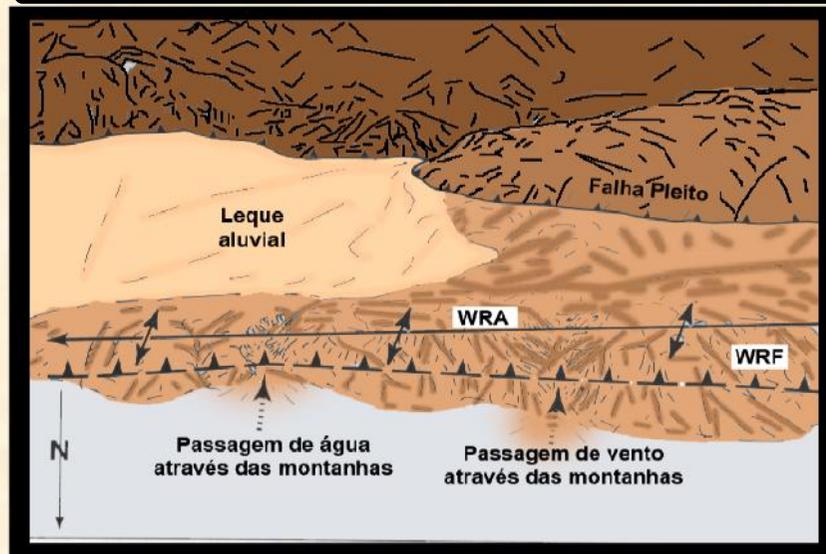
Relevos gerados por falhas.  
Modificado de Ramsay e Huber (1987)



Escarpas na forma de falésias na Formação Barreiras, litoral do Nordeste (BR). Fotos: E. Salamuni



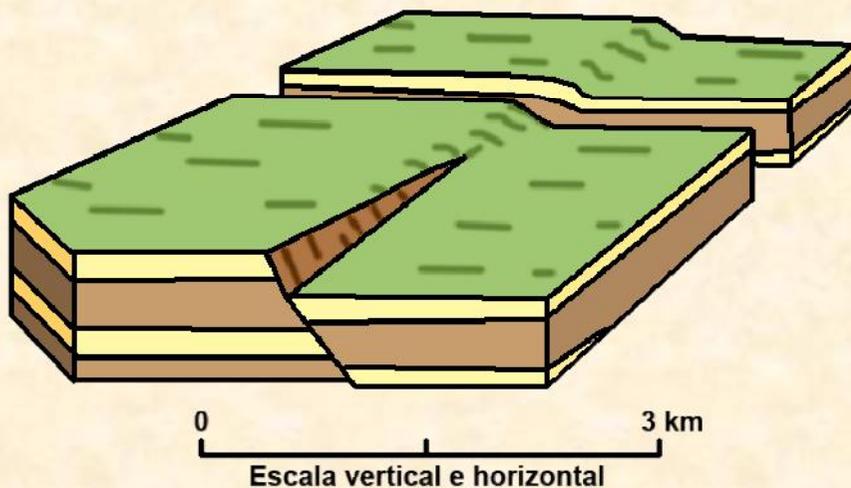
Falhas inversas: em cadeias orogenéticas é comum a ocorrência de escarpas com facetas trapezoidais e/ou triangulares bem definidas.



Wheeler Ridge. Foto: J. Shelton, esquema modificado de Keller e Pinter (1996)

WRA = Anticinal Wheeler Ridge  
WRF = Falha Wheeler Ridge (enterrada)

Falhas normais: é o tipo de falha mais propício ao desenvolvimento de escarpas, que rapidamente começam a erodir em função da ação da drenagem (fator que depende da inclinação da cuesta gerada durante a formação da própria escarpa).

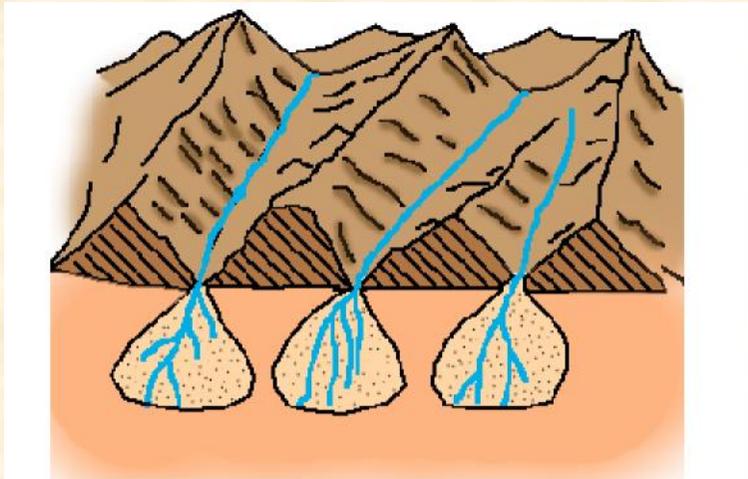


Bloco-diagrama que mostra como uma falha normal pode mudar lateralmente para uma monoclinial.

Modificado de Skinner e Porter (1989)

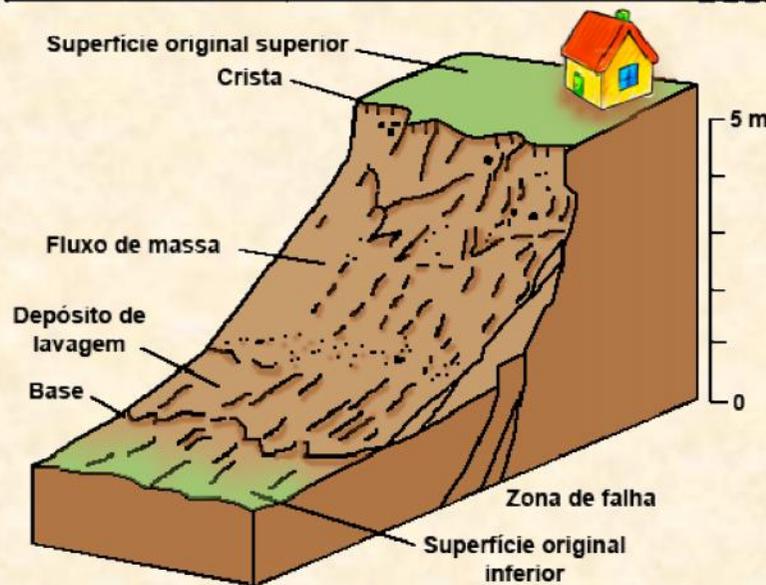


Modificado de Leeder e Gawthorpe (1987).  
In: Coward et al. (eds). Continental extensional tectonics.



Falha normal em cadeias orogênicas é comum a ocorrência de escarpas com facetas trapezoidais e/ou triangulares bem definidas.

Wheeler Ridge. Foto: J. Shelton, esquema modificado de Keller e Pinter (1996).

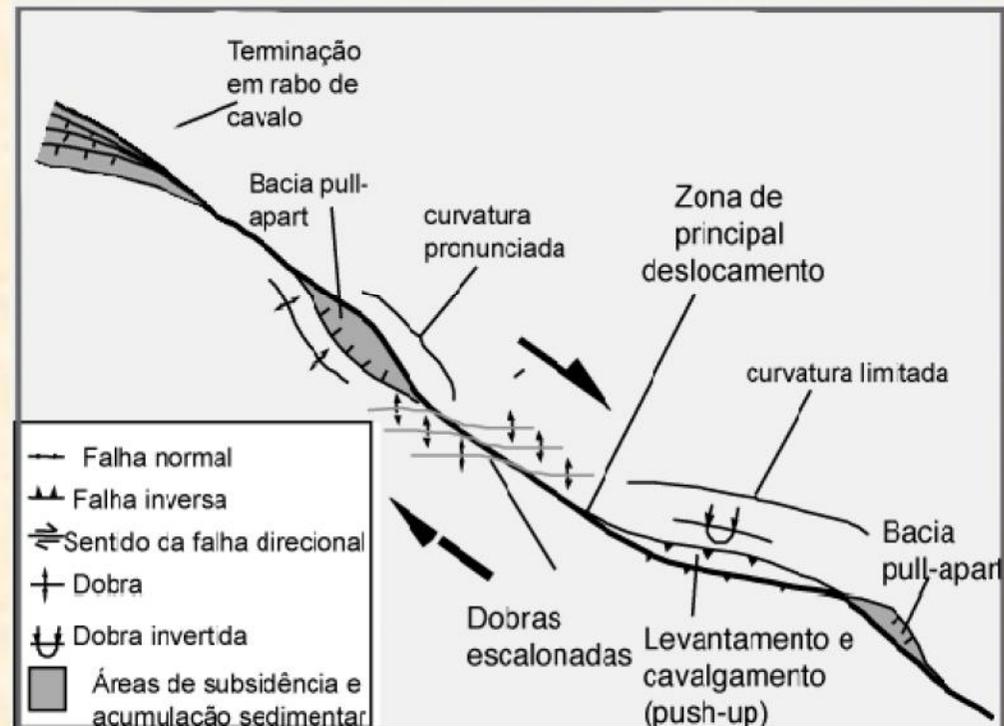
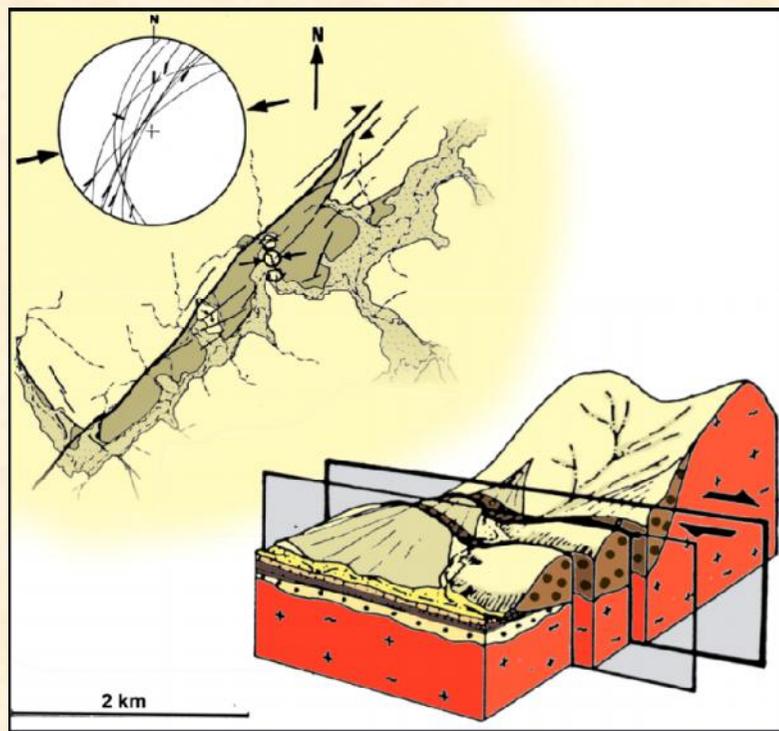


As escarpas são morfoestruturas formadas por movimentos rápidos, em eventos sísmicos, ou de forma lenta em função da deformação progressiva em sistemas de falhas.

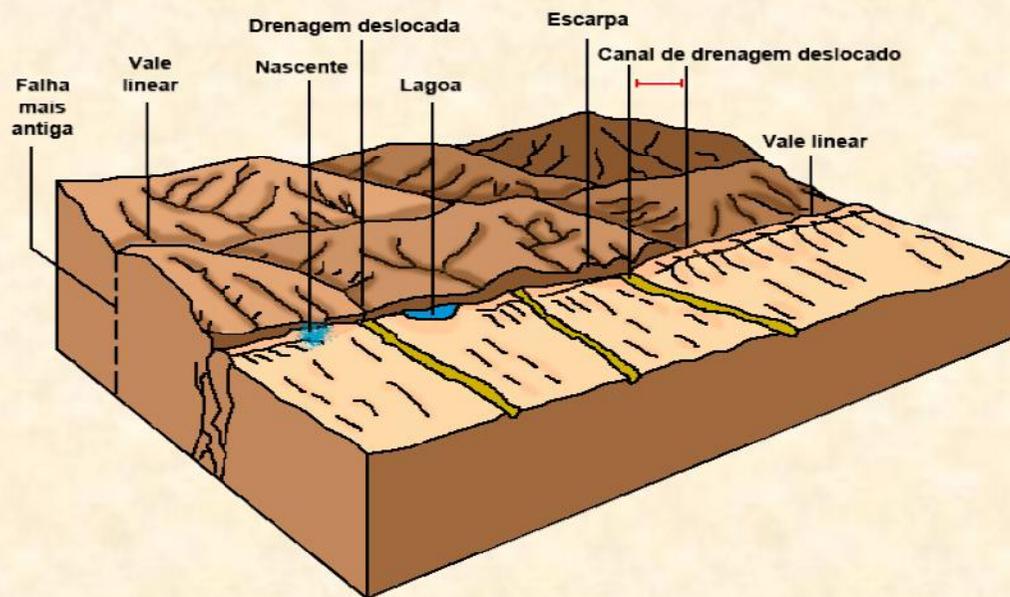
No processo de erosão, comumente instala-se depósitos de tálus, que recobrem parte do front e planos de fratura na porção inferior da escarpa.

Isso pode dificultar a precisa determinação do planos de falha que originaram aquela morfoestrutura.

Falhas transcorrentes: podem gerar relevos diferenciais nos blocos adjacentes, principalmente se associados a regimes transtracionais e/ou transpressionais. Escarpas ocorrem como possibilidade de formação



Falha transcorrente / transformante de San Andreas: estrutura regional ativa que influencia fortemente a morfologia da zona de falha, cuja largura é kilométrica.



Modificado de Wesson et al. (1987)

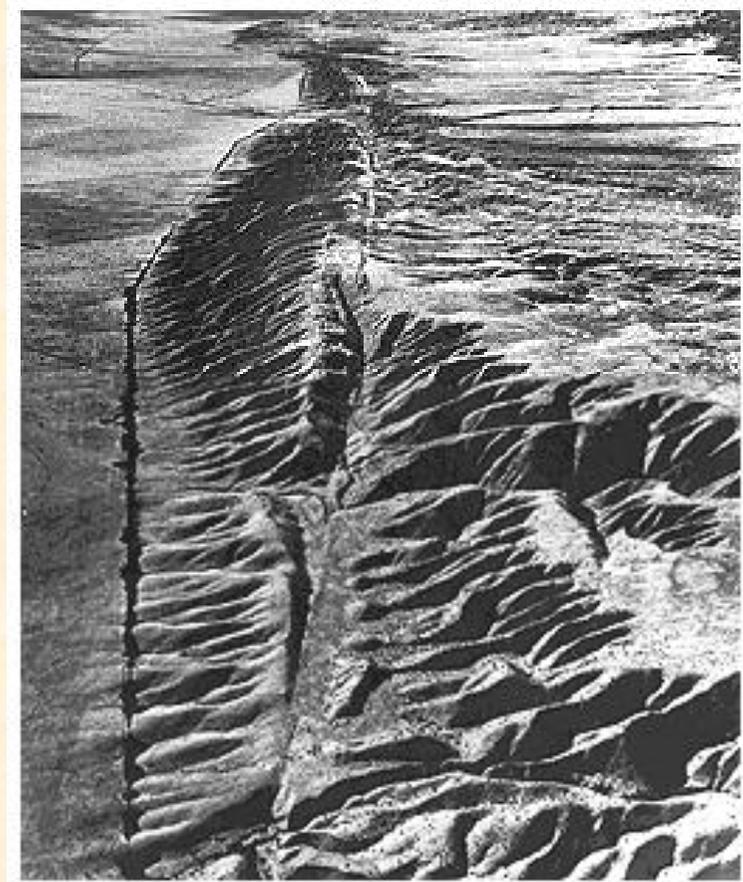
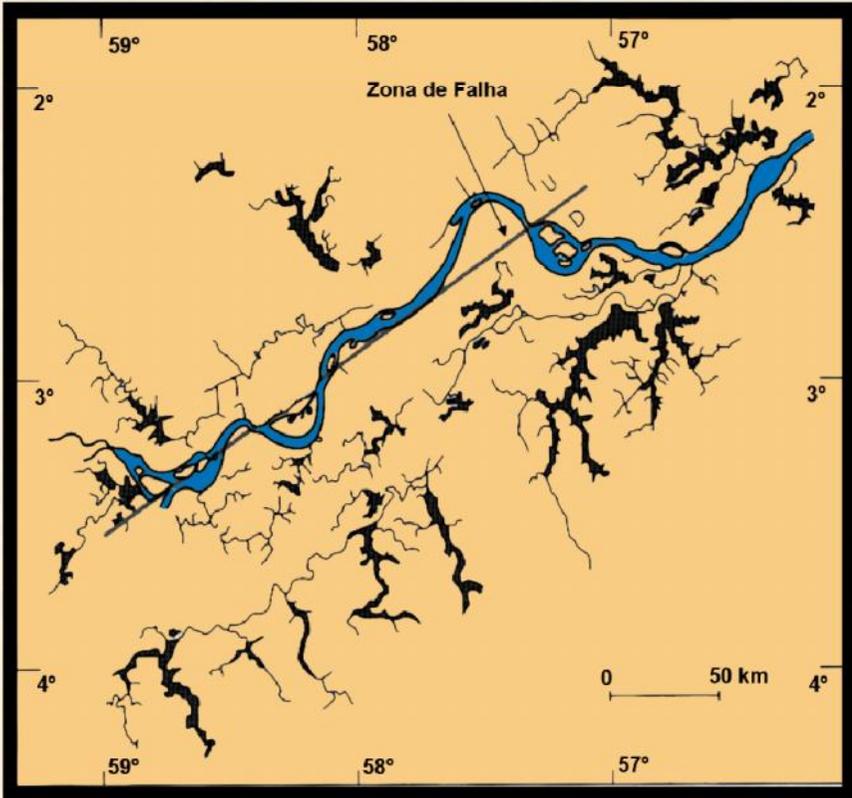
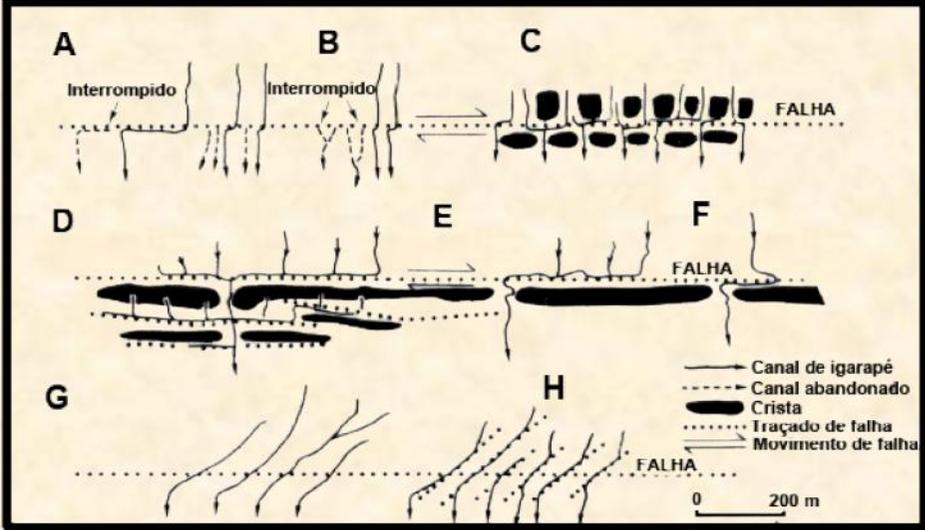


Imagem da Falha de Santo André, Califórnia (USA). Foto: autoria desconhecida



# CONDIÇÕES ESPECIAIS

---

## Relevo em áreas "cristalinas"

Normalmente tais áreas são pouco permeáveis, porém tal característica é modificada quando há densa sistemas (ou famílias) de fraturas, em geral gerada em processos tectônicos.

A intensidade dos sistemas morfoclimáticos determina o grau de convexidade (arredondamento da superfície) dependente da densidade da drenagem que, por sua vez, é controlada em grande parte pela rede de fraturas locais.

No domínio dos climas quentes e úmidos, os granitos, gnaisses e rochas com composição e estruturas assemelhadas respondem pela formação de "mares de morros" (dissecação moderada a forte); por outro lado em climas quentes e sub-úmidos há a manutenção de paleoformas, inclusive alguns próprios pediplanos (dissecação fraca).

---

Em regiões temperadas a baixa capacidade de transporte do sistema fluvial gera um predomínio de formas côncavas-convexas.

A composição das rochas é importantes no contexto morfológico:

(a) granitos e ganisses, pela sua resistência e por apresentarem esfoliação esferoidal, desenvolvem formas do tipo "pão de açúcar", somado aos processos epirogenéticos.

(b) quartzo-xistos e os muscovita-xistos, em condições de climas úmidos, menos resistentes do que os quartzitos, desenvolvem relevos monoclinais.



Relevo tipo "mar-de-morros"  
no domínio do Complexo  
Atuba, planalto de Curitiba.  
Foto: E. Salamuni

# DRENAGEM

---

- Drenagem é uma feição geomórfica linear negativa que marca canais de escoamento de água interrelacionados que formam uma bacia. Compõem o conjunto de rede hidrográfica com elementos temporários ou permanentes.
- As drenagens podem localizar-se em zonas de fraqueza estrutural (juntas e falhas) ou então situações onde estruturas primárias são bem marcantes, assim como contatos litotípicos onde ocorrem diferenças reológicas significativas. As drenagens fornecem informações pertinentes à geologia, à geomorfologia e à pedologia do terreno por onde flui.
- As características morfológicas e morfométricas das drenagens são ferramentas para a interpretação de imagens em geologia e geomorfologia.



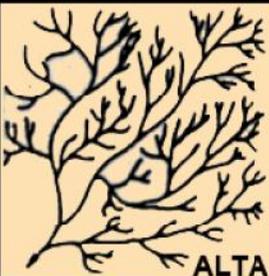
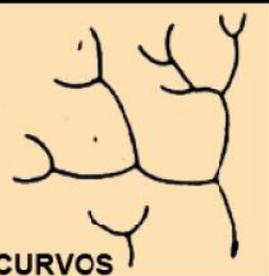
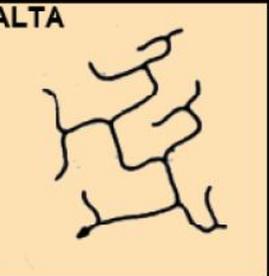
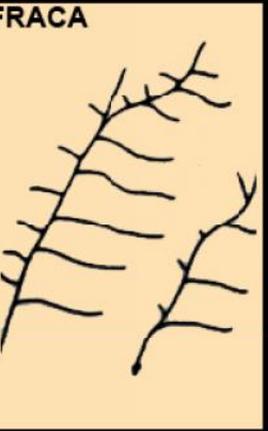
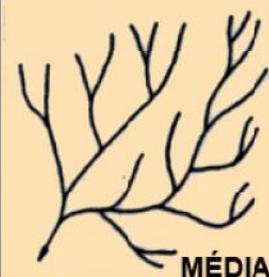
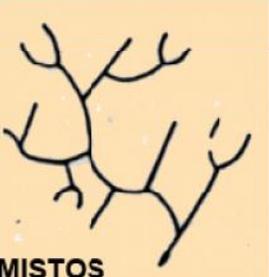
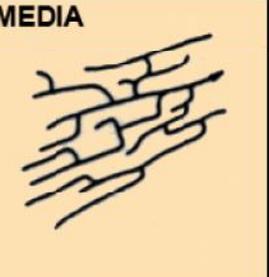
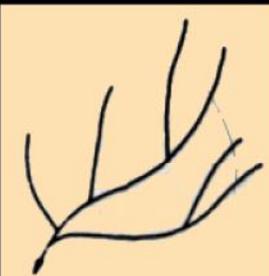
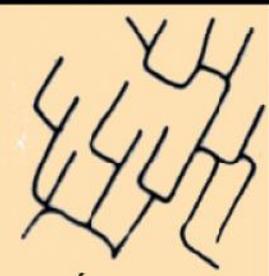
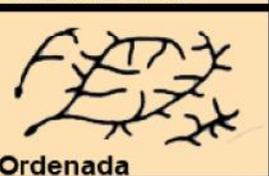
Relação entre drenagens atuais e riftes das margens Atlânticas do Brasil e da África

---

## Propriedades e padrões de drenagens

- As drenagens são os elementos fundamentais de erosão e dissecação do terreno. A interpretação do desenvolvimento das formas de relevo passa pela caracterização tanto dos padrões de drenagem quanto pela caracterização da bacia na qual está inserida.
- As características físicas dos terrenos influenciam as propriedades das drenagens, caracterizadas principalmente pelo traçado dos seus segmentos.
- Tais características são representadas principalmente pelos litotipos e pela forma do relevo, além de índices hidrogeológicos locais. Igualmente o índice de pluviosidade é fundamental para o entendimento das propriedades da drenagem local.

# Características de classificação da drenagem

A - Densidade	B - Sinuosidade	C - Angularidade	D - Tropa	E - Assimetria	F - Formas Anômalas
 ALTA	 CURVOS	ALTA 	UNIDIRECIONAL 	FRACA 	 MEANDROS ISOLADOS
 MÉDIA	 MISTOS	MEDIA 	BIDIRECIONAL 		
		 BAIXA	 RETILÍNEOS	BAIXA 	TRIDIRECIONAL 
MULTIDIRECIONAL 	Desordenada 				Ordenada 

Modificado de Soares e Fiori (1973)

---

## Padrões de drenagem comuns

Dendrítico: lembra o aspecto arborescente, estando as ramificações em todas as direções. Indica a inexistência de controle estrutural ou estratigráfico. Ocorre em terrenos homogêneos, geralmente sedimentares e ígneos. Apresenta quatro variações: sub-dendrítico (há algum controle estrutural); pinado (alta densidade de drenagem, em terrenos impermeáveis); distributário (em forma de leque, com drenagem divergente) e festonado (encaixe de rios atuais em sistema de estratificação cruzada fluvial pretérita).

Paralelo: há paralelismo das drenagem por áreas relativamente extensas. É característico de terrenos planos inclinados e/ou zonas com grau elevado de dissecação. Pode estar associado a terrenos sedimentares estruturados (cuesta ou hogback). É uma transição para o padrão dendrítico.

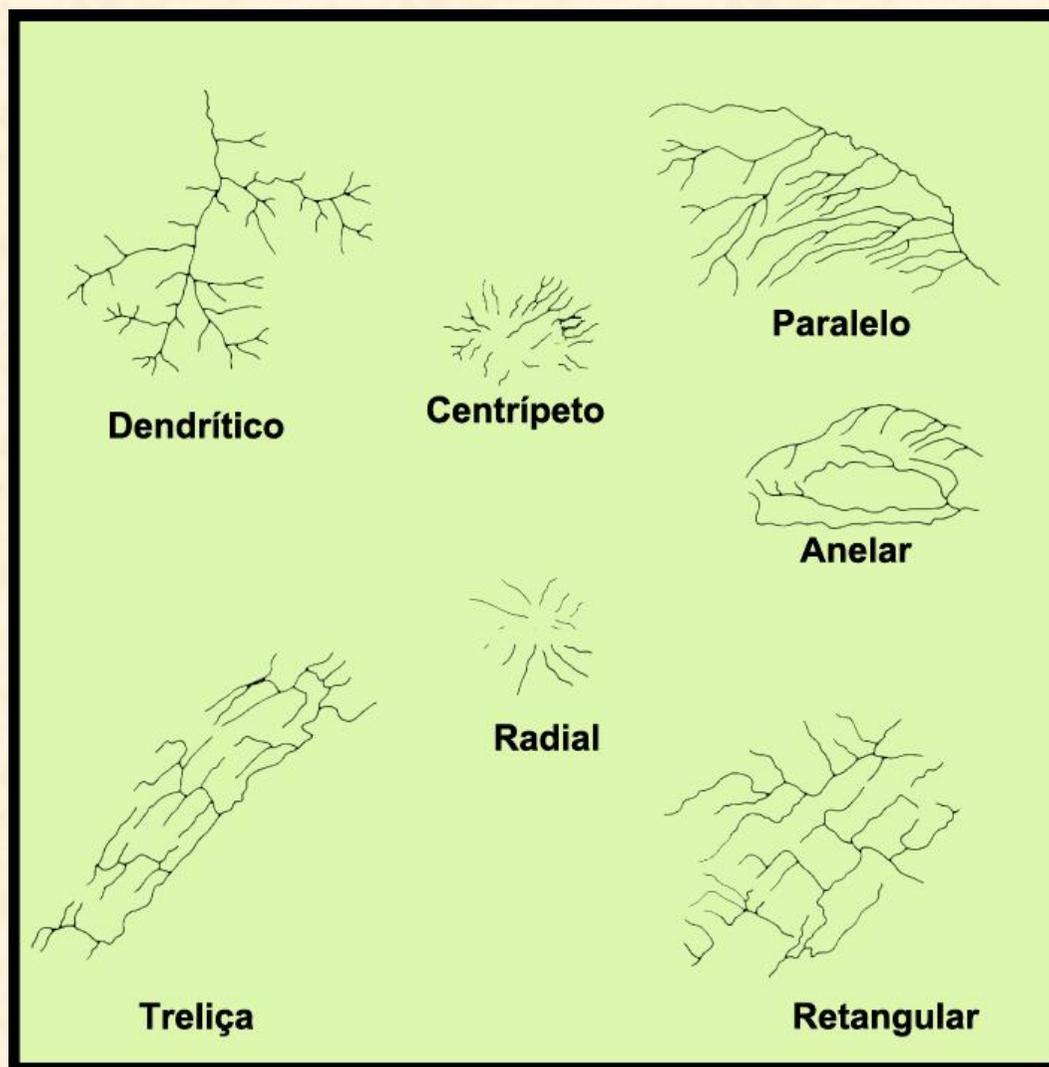
---

Treliça: típico de terrenos com forte controle estrutural dos canais principais. Seus tributários, em lados opostos mas de comprimentos equivalentes, estão ligados ao rio principal por meio de ângulos retos. Pode apresentar transição para o padrão paralelo. Os padrões modificados são função da própria modificação da estrutura subjacente.

Retangular: é encontrado em terrenos com controle estrutural de juntas e falhas, em qualquer tipo de terreno, desde que submetido a processos estruturais rúpteis em sua última fase de estruturação. Apresenta os tipos angular (ramos oblíquos entre si) e reticulado (ângulos retos entre as drenagens).

Radial: apresenta geometria radial a partir de um ponto central. Pode ser centrífugo em região dominada por domo ou centrípeto se for dominada por depressão.

Anelar: geralmente associado ao padrão radial, é caracterizado por uma geometria circular das drenagens em torno do ponto central. Também está associado com domos e depressões.



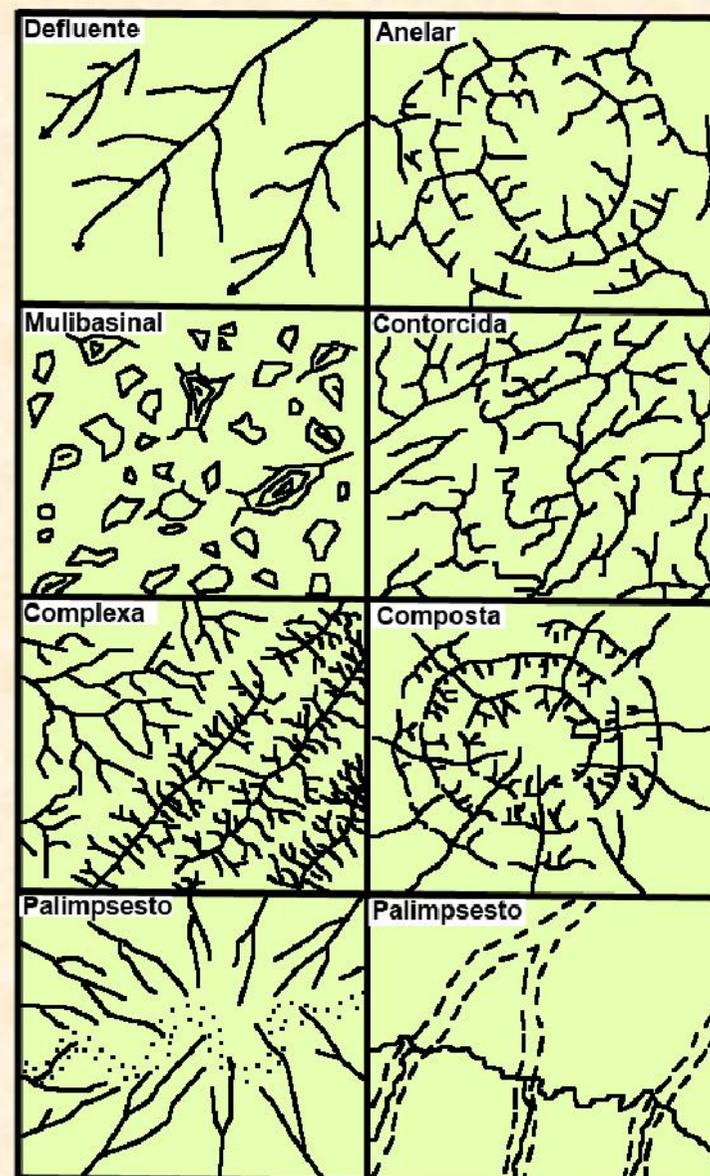
Padrões de drenagem mais comuns. Modificado de Soares e Fiori (1973) e Bloom (1991)

## Padrões de drenagem especiais

Multibasinal: caracterizado pela presença de pequenas depressões onde geralmente formam-se lagos. Podem estar relacionados a terrenos cársticos, a terrenos periglaciais ou a planícies costeiras, bem como a terrenos rebaixados ou soerguidos devido a mudanças abruptas de declividade (regiões sismogênicas). Crostas lateríticas estão presentes.

Contorcido: sugere a presença de dobras em terminações periclinais (terrenos metamórficos com deformações dúcteis).

Complexo ou misto: evidenciado pela associação de diferentes padrões de drenagem. Comuns em terrenos com diferentes tipos de evolução ao longo de sua história geológica.



Howard (1967)

Padrões especiais de drenagem,  
segundo Howard (1967)

---

Palimpsesto: paleodrenagens superimpostas por padrões de drenagens mais novos. São caracterizadas pela presença de cicatrizes de meandros e lagos. Podem estar associados a terraços aluviais de sedimentos recentes.

Defluente: o ângulo de junção do rio com uma drenagem de maior ordem é obtuso, constituindo a inversão de fluxo da drenagem. Ocorrem em áreas com forte controle tectônico a partir de uma deformação recente.

Yazoo (Zernitz, 1932 e Gagnon, 1974): nome de um rio afluente do Mississipi, na região central do EUA, que flui paralelo ao rio principal por dezenas de quilômetros. É próprio de planície aluviais com diques marginais.

Antropogenético: referência ao conjunto de canais de irrigação ou para outros usos construídos pelo ser humano.

---

## Padrão de drenagem e formas de relevo associadas

- Os padrões de drenagens estão intimamente associados aos tipos de relevo onde os rios estão instalados. Havendo água no sistema, ou seja, dependendo da existência de um clima favorável, a drenagem se condiciona em função do relevo inicial, funcionando como agente passivo e ativo no modelado final da paisagem.
- É um processo de causa e efeito contínuo, em que relevo e cursos de água interagem para a esculturação da paisagem, por meio das características iniciais e evolutivas das estruturas geológicas, que condicionam o substrato, bem como pelas características climáticas locais.

---

Dendrítico: (a) subdendrítico: planícies, chapadões e morros de topo convexo com grau de dissecação médio a alto; (b) pinado: morros com grau variável de dissecação; (c) distributário: leques aluviais e deltas em sopé de montanha e zonas costeiras

Paralelo: (a) subparalelo: terreno plano com caimento fraco a médio. cuesta ou hog-back; (b) colinear: Planícies costeiras e dunas (tipo seif)

Treliça: cristas ou em morros do topo agudo, hog-back

Retangular: Terrenos bastante fraturados

Radial: caldeira, cratera, astroblema, depressões

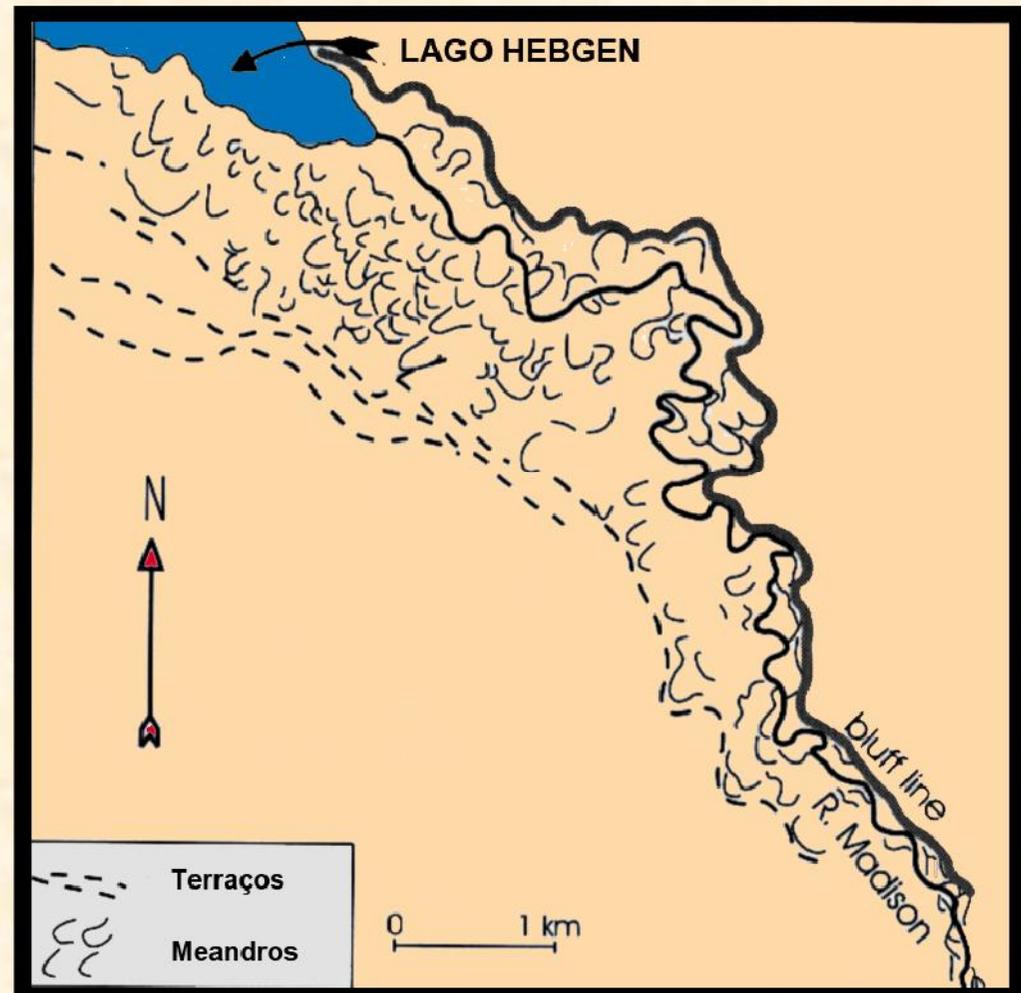
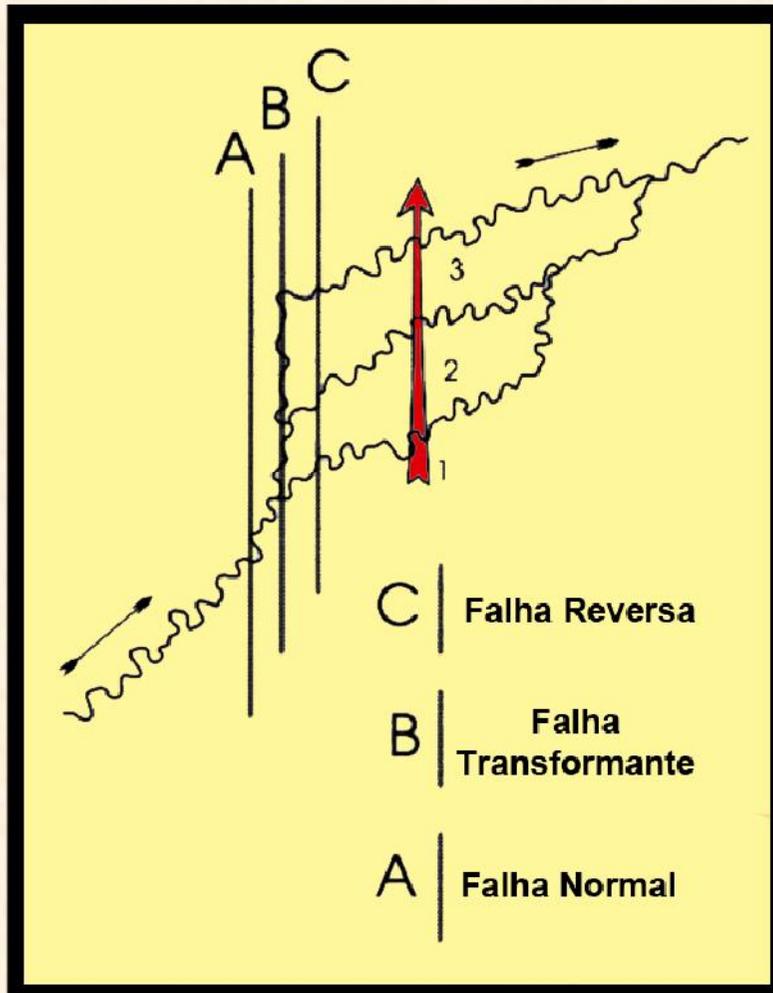
Anelar: morros com formato circular, vulcões

Multibasinal: terrenos cársticos, glaciais, planícies costeiras e deltas

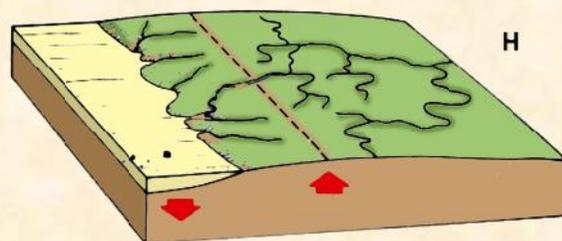
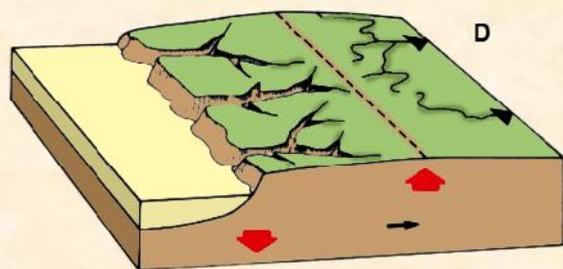
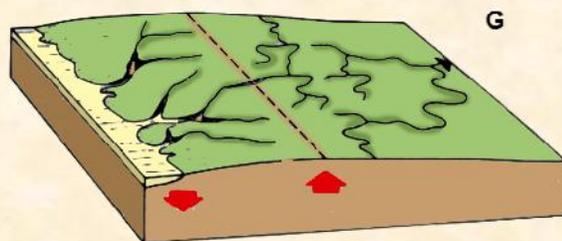
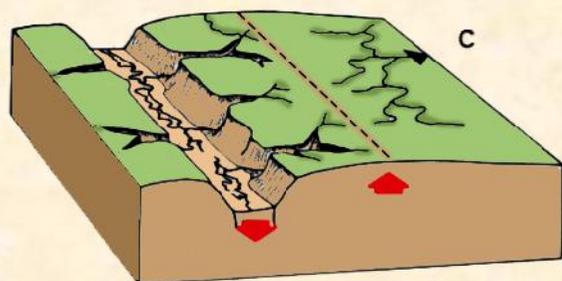
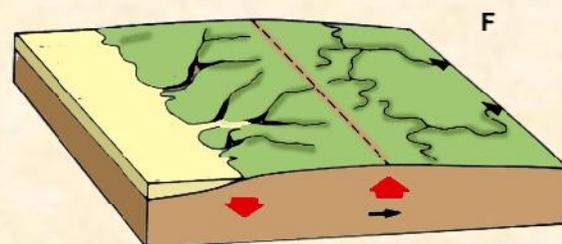
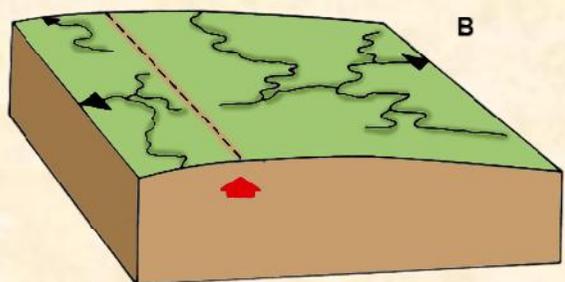
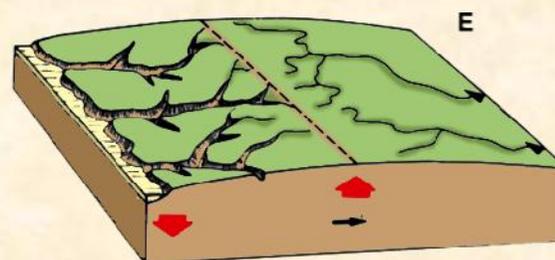
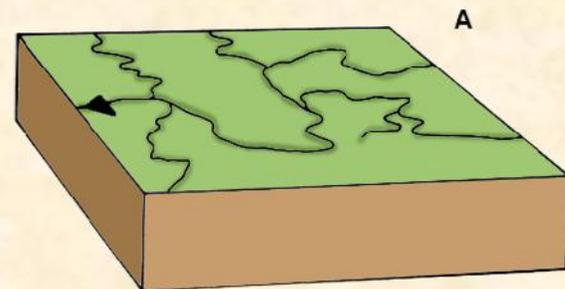
Palimpsesto: planícies aluviais em blocos que sofreram basculamentos

Defluente: zona com tectônica ativa

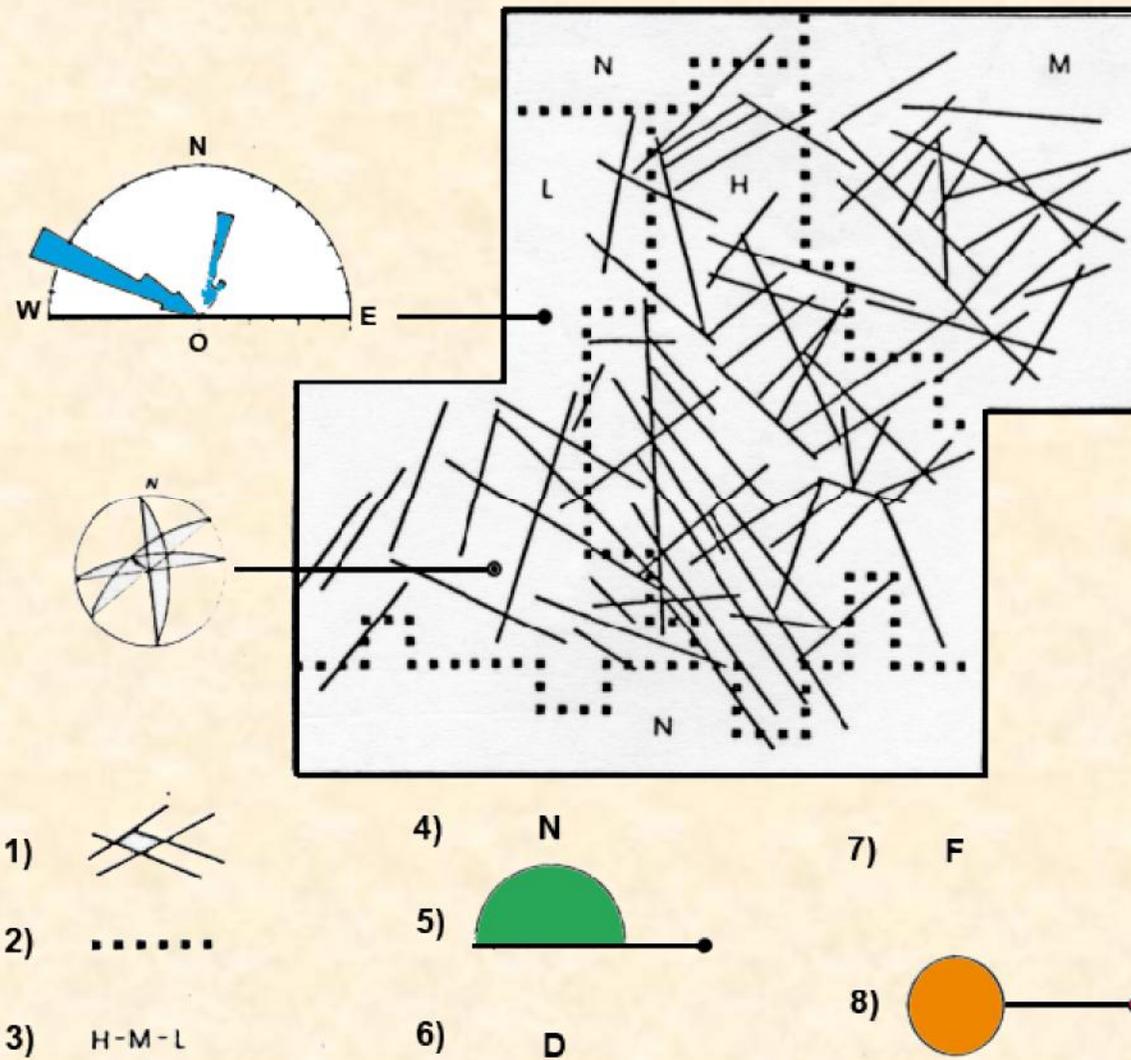
# Anomalias de Drenagens



Rio Madison, área do lago Hebgen, próximo ao Parque Yellowstone . Modificado de Leeder e Alexander (1987)



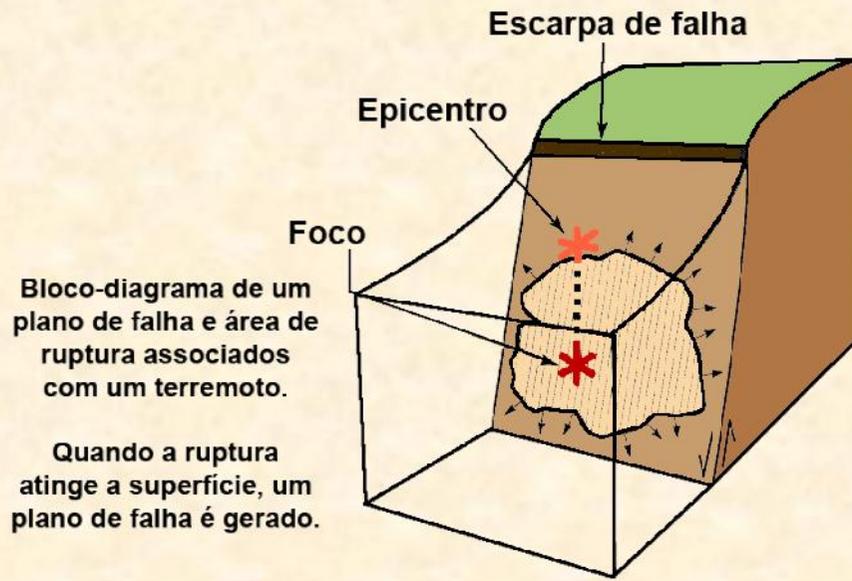
# Método de análise morfoestrutural de drenagem



# SISMICIDADE: RESPOSTAS NAS PAISAGENS E O PROBLEMA NEOTECTÔNICO

---

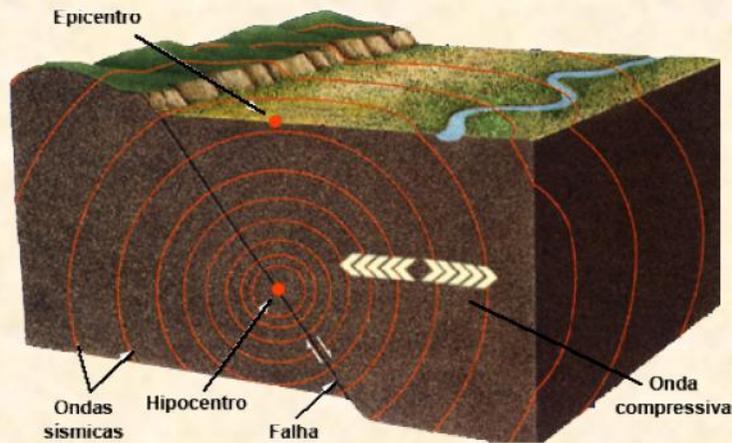
- Registros paleosísmicos podem estar marcados na paisagem ou então presentes em formações holocênicas. As principais informações estão contidas em zonas de falha ou então em regiões imediatamente adjacentes às mesmas.
- Deformação atribuída a eventos paleosísmicos podem localizar-se longe da zona de falha, propagando-se a resposta geomórfica para outras partes e afetando a paisagem de forma mais extensiva. Mudanças em vertentes, nas formas das drenagens e conseqüentemente em seus padrões, nos interflúvios e alterações nas paisagens em geral em função de agradação de rios maiores, podem ser resultado da deformação recente.



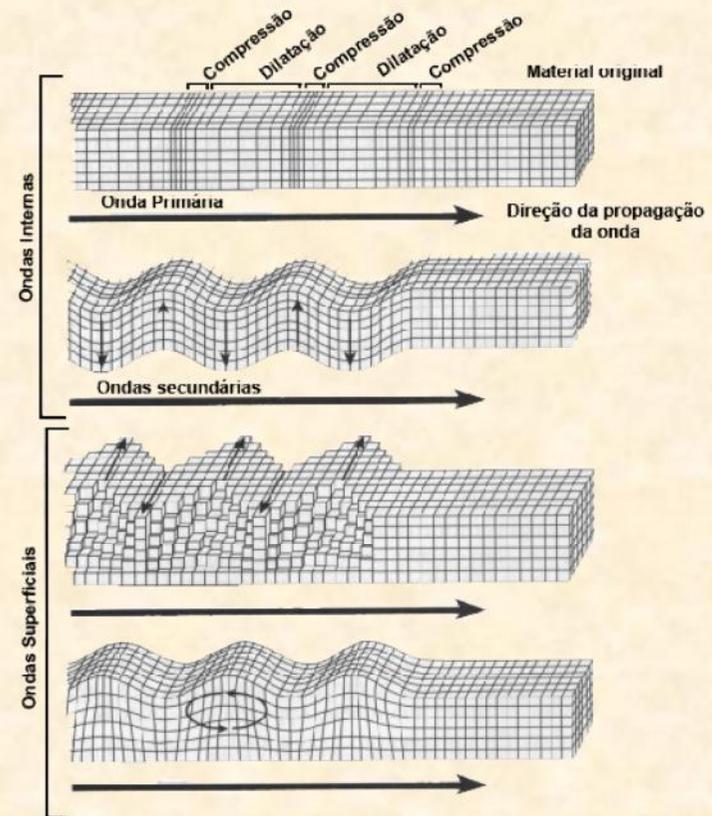
Bloco-diagrama de um plano de falha e área de ruptura associados com um terremoto.

Quando a ruptura atinge a superfície, um plano de falha é gerado.

Modificado de Keller e Pinter (1996)



Modificado de Hays (1981)



Propagação de ondas em corpos.

Modificado de Bolt (1988)

- 
- Mesmo movimentos ao longo do período intersísmico, ou seja, modificações em zonas de risco sísmico mas não necessariamente ligadas a movimentos sísmicos propriamente ditos, são responsáveis pela modificação da paisagem e são consideradas como resposta de processos tectônicos contínuos.
  - Deformações no Holoceno geralmente são quantificáveis. Na maior parte do globo terrestre a magnitude das taxas de deformação não ultrapassa a grandeza de milímetros de por ano.
  - Levantamentos de 1mm/ano corresponde a soerguimentos de 10m em cada mil anos e 1 km no prazo de um milhão de anos, pouco mais que a duração do próprio Holoceno.
  - Segundo Keller e Pinter (1996) a idade das paisagens mais antigas não ultrapassa os 2 milhões de anos. É preciso entender que esta assertiva refere-se à esculturação do terreno.

# NEOTECTÔNICA - Síntese

---

Neotectônica no contexto de problemas Morfoestruturais

A Neotectônica é um campo de conhecimento interdisciplinar dentro da Geologia, que engloba dados e utiliza métodos da Geologia Estrutural, Sismologia, Geotectônica, Geofísica, Geomorfologia, Sedimentologia, Geotecnia, Geodésia, Estratigrafia e Arqueologia.

A contextualização da Neotectônica se faz em função de três premissas básicas:

- a) apenas 70% das anomalias tectônicas são antigas
- b) as maiores falhas transcorrentes do mundo mostram evidências impressas de deslocamentos neotectônicos
- c) lineamentos pré-Cambrianos, relacionados a depósitos hidrotermais ou de zonas de cisalhamento podem estar marcados atualmente por fluxo de calor e sismicidade.



Imagens com morfoestruturas neotectônicas. Fotos: autoria desconhecida

## Métodos de Estudo

---

- Os principais métodos empregados no estudo neotectônico são:
  - a) estudo dos sismos atuais: permite a determinação das tensões aplicadas que estão atuando nas áreas sismogênicas.
  - b) sensoriamento remoto: delimitação de alinhamentos de relevo, traçado da rede de drenagem, mapas de aluviões falhados, mapas de falhas.
  - c) mapeamento morfotectônico: a morfotectônica estuda processos e formas relacionadas à atividade tectônica. Atua com o reconhecimento de geoformas como indicadoras de movimentos recentes, estudo de deformações pediplanares e estudo dos caracteres geomorfológicos de terrenos atuais.
  - d) determinação dos campos de tensões: métodos dos diedros retos (Angelier e Mechler, 1977) e Arthaud (1969).
  - e) estudos geocronológicos: principalmente pelo método do Carbono-14, para datação de material orgânico, e traços de fissão em apatitas para a determinação da idade do último aquecimento pelo qual passou a rocha fraturada.
  - f) evidências arqueológicas: artefatos e/ou construções humanas podem indicar camadas geológicas perturbadas e/ou deslocadas devido à ocorrência de antigos terremotos.

## O Problema da Definição

---

- A caracterização da tectônica do Cenozóico e a definição do termo Neotectônica são assuntos controvertidos na literatura. Isto decorre das diferentes regiões no planeta que são heterogêneas entre si.
- Neotectônica foi um termo introduzido pela primeira vez por Obruchev (1948). O autor, pretendendo definir os movimentos da crosta que se instalaram durante o Terciário Superior e o Quaternário, com papel decisivo na formação da topografia contemporânea, sugeriu a seguinte classificação:
  - a) Movimentos Alpinos: Cretáceo até hoje;
  - b) Movimentos Recentes: Plioceno até hoje, movimentos neotectônicos propriamente ditos;
  - c) Movimentos Modernos: desenvolvidos atualmente.



Imagens com evidências atuais de eventos tectônicos (conceito de neotectônica).  
Fotos: autoria desconhecida

## Conceito de neotectônica da INQUA

---

Algumas classificações foram sugeridas, sendo as mais aceitas aquelas que ligam a Neotectônica à Tectônica de Placas. A Comissão Internacional do Quaternário (INQUA), buscando uma síntese, definiu a Neotectônica utilizando um conceito de Mörner (1978), da seguinte forma:

"Quaisquer movimentos ou deformações da crosta ao nível geodésico de referência, e a caracterização destes movimentos através de seus mecanismos, sua origem geológica, suas implicações para vários propósitos práticos e suas extrapolações futuras. Os movimentos neotectônicos englobam o acervo de deformações rúptil ou dúctil de um período Neotectônico".

A INQUA postulou a não fixação de limites temporais, podendo-se incluir como neotectônicos desde movimentos "instantâneos" ou sísmicos até aqueles superiores a 10 milhões de anos.

---

O período neotectônico, ou a idade de início dos movimentos tectônicos, constituiu o segundo ponto de controvérsia neste campo de conhecimento.

Em razão do conceito de tectônica ativa Mörner (1989) argumentou que a neotectônica deveria tratar dos movimentos e deformações passados ou anteriores ao tempo presente. Os possíveis limites inferiores sugeridos para o período neotectônico seriam os seguintes:

- os últimos 2,5 Ma (provável reorganização geral do regime tectônico);
- os últimos 6 Ma (período posterior à crise Messiniana);
- os últimos 23 Ma (Neógeno Inferior);
- os últimos 38 Ma (Oligoceno Inferior, reorganização da tectônica global).

---

Para Sengör et al. (1982) o objeto de estudo da neotectônica está relacionado aos movimentos tectônicos mais novos da história geológica, isto é, os movimentos relativos ao campo de tensão (stress) ou regime tectônico em vigor desde a última reorganização tectônica principal de escala regional.

Outras idéias foram propostas. Blenkinsop (1986) sugeriu que a fase neotectônica tenha começado no momento em que o campo de stress contemporâneo tenha sido estabelecido.

Pavlidis (1989) engloba no conceito genérico o tempo da ocorrência sísmico, definindo o tempo neotectônico como: "estudo dos eventos tectônicos novos, que ocorreram ou estão ocorrendo numa região após a orogênese final, ou após sua reorganização tectônica mais significativa"

---

A maioria dos autores coloca o limite inferior do período neotectônico no início do Neógeno (Mioceno) há 20 milhões de anos. É consenso que a idade do início dos movimentos neotectônicos varia dependendo da região estudada, bem como de sua posição em relação à borda da placa na qual se insere, variando de lugar para lugar, mas correspondendo geralmente ao tempo compreendido entre o Holoceno e Mioceno.

Stewart e Hancock (1994), em revisão ao conceito, consideraram que a neotectônica corresponderia ao estudo dos movimentos que ocorreram no passado e continuam ocorrendo no presente sem um limite inferior rígido.

Os movimentos neotectônicos estariam relacionados ao regime tectônico atual, os quais poderiam reativar ou não estruturas, sempre dentro de um campo de esforços e de deformação que tem persistido, sem mudanças significativas de orientação ao longo do tempo.

# Elevação de áreas continentais graças ao movimento orogênico atual (neotectônico) em crosta continental

