

NEOTECTÔNICA E MORFOTECTÔNICA

Aula 5

PROBLEMAS RELATIVOS ÀS DRENAGENS

Prof. Eduardo Salamuni

INTRODUÇÃO

- Drenagem é feição linear negativa que marca canais de escoamento de água inter-relacionados que formam uma bacia. As drenagens compõem o conjunto de rede hidrográfica com elementos temporários ou permanentes.
- Podem se localizar em zonas de fraqueza estrutural (juntas e falhas) ou situam-se onde estruturas primárias demarcam diferenças reológicas significativas, como contatos litológicos. Fornecem informações que caracterizam a geologia, a geomorfologia e a pedologia local.
- Características morfológicas e morfométricas de drenagens são ferramentas para a interpretação de imagens em geologia e geomorfologia, por meio dos seus diferentes padrões, zonas homólogas e análogas entre si (Soares e Fiori, 1976).

PROPRIEDADES E PADRÕES DE DRENAGEM

- 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.
- Características físicas dos terrenos influenciam as propriedades das drenagens, tais como litotipos, forma do relevo e índices hidrogeológicos locais. Igualmente o índice de pluviosidade é fundamental para o entendimento das propriedades da drenagem local.
- Os vários autores que estudam a questão citam pelo menos onze propriedades da drenagem como as mais importantes.

ângulo de junção

ângulos que ramos secundários fazem com o canal principal → ângulos retos caracterizam controle estrutural, ângulos agudos ausência de controle

angularidade

mudança bruscas de direção da drenagem → grandes angularidades representam mudanças bruscas; baixas angularidades representam mudanças graduais ou pouco significativas

assimetria

define a caída do terreno ou de estruturas planares → afluentes curtos representam forte assimetria (p. ex. presença de blocos basculados), afluentes longos baixa assimetria

densidade de canais

quantidade de canais por área → grande densidade para terrenos pouco porosos, pouca quantidade para terrenos porosos ou solubilizáveis (p. ex. terrenos cársticos)

densidade de drenagem

distância média do interflúvio, entre as drenagens de maior ordem → baixa densidade = 1,75 a 2,5 Km; média densidade = 1,0 a 1,75 Km; alta densidade menor que 1 Km

grau de controle

há controle estrutural dos ramos da drenagem → quanto mais controlado mais estruturado

grau de continuidade

tem influência nos parâmetros lineares e marca a permeabilidade e a porosidade do terreno bem como o grau de dissolução do terreno → elevado grau de continuidade para terrenos permeáveis.

grau de integração

perfeita interação entre as drenagens de uma mesma bacia (o traçado sempre deve ser simples). Caso existam sinuosidades acentuadas o grau de integração é baixo. Pode fornecer informações sobre o substrato (coesão, erodibilidade, dissolução, permeabilidade, porosidade, etc.)

retilinearidade

orientação retilínea da drenagem → maior que 50% do comprimento (alta); entre 25 e 50%; menor que 25% (baixa)

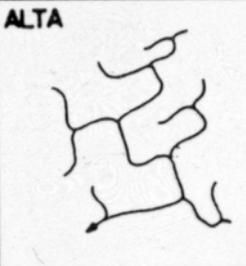
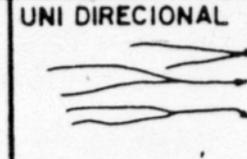
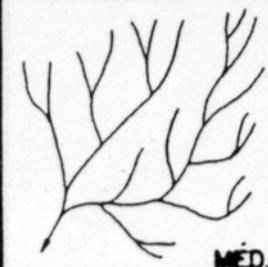
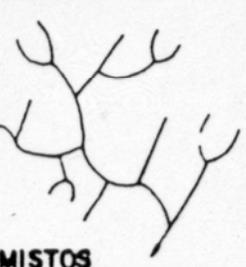
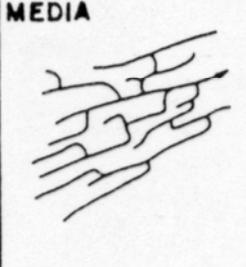
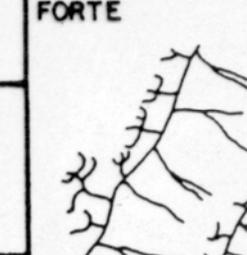
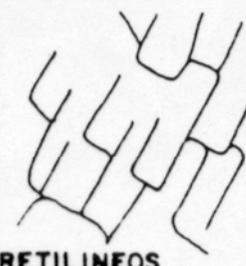
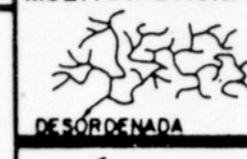
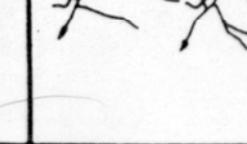
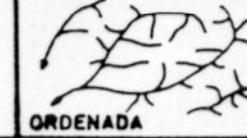
sinuosidade

curvas delineadas pela drenagem → abruptas ou marcantes mostram anomalias no terreno (p. ex. controle estrutural)

tropia

orientação preferencial de diferentes drenagens que compõem um padrão → se houver há controle estrutural (p. ex. tropia unidirecional, forte controle estrutural)

PROPRIEDADES DAS DRENAGENS

A - DENSIDADE	B - SINUOSIDADE	C - ANGULARIDADE	D - TROPIA	E - ASSIMETRIA	F - FORMAS ANÔMALAS
 ALTA	 CURVOS	 ALTA	 UNI DIRECIONAL	 FRACA	 MEANDROS ISOLADOS
 MÉD.	 MISTOS	 MEDIA	 BI DIRECIONAL		 FORTE
 BAIXA	 RETILINEOS	 BAIXA	 MULTI DIRECIONAL	 COTOVELO	
			 ORDENADA		

Abaixo são descritos os fatores morfológicos de controle de propriedade de drenagem (segundo Deffontaines e Chorowicz, 1991)

- **Fator interno**: refere-se à reologia do substrato rochoso, que é controlada pelos litotipos e pela estrutura (fatores intrínsecos, p. ex. composição mineralógica e textura). Igualmente são importantes as características estruturais, sejam elas primárias (como espessura e orientação das camadas), sejam secundárias (xistosidade, foliações, fraturas e dobras, p. ex.).
- **Fator externo**: refere-se ao clima e à vegetação, aos quais o intemperismo e a erodibilidade estão ligados. Drenagens que correm em substratos rigorosamente iguais, porém em climas diferenciados são diferentes entre si, principalmente pela diferença de disponibilidade de água entre os sistemas.
- **Fator composto**: trata da combinação entre os fatores interno e externo. A variação geomorfológica, ou morfoestrutural, encontra-se nesta situação.

PADRÕES DE DRENAGEM E FORMAS DE RELEVO

- Os padrões de drenagem se associam aos tipos de relevo subjacentes. Havendo água no sistema, a drenagem se condiciona em função do relevo inicial e o molda ao longo da evolução da paisagem.
- O processo de causa e efeito contínuo, em que relevo e cursos de água interagem para a esculturação da paisagem, são dependentes das características iniciais e evolutivas das estruturas geológicas e das características climáticas locais.
- Os principais padrões são visualizados na figura a seguir.

Padrão dendrítico

- *Subdendrítico*: planícies, chapadões e morros de topo convexo. Grau de dissecação médio a alto.
- *Pinado*: morros com grau variável de dissecação.
- *Distributário*: leques aluviais e deltas. Sopé de montanha e zonas costeiras.

Padrão paralelo

- *Subparalelo*: terreno plano com caimento fraco a médio. *cuesta* ou *hog-back*.
- *Colinear*: planícies costeiras e dunas (tipo *seif*)

Padrão treliça

- Cristas ou em morros do topo agudo, *hog-back*

Retangular

- Terrenos bastante fraturados

Radial

- Caldeira, cratera, astroblema, depressões

Anelar

- Morros com formato circular, p. ex. vulcões, domos e depressões

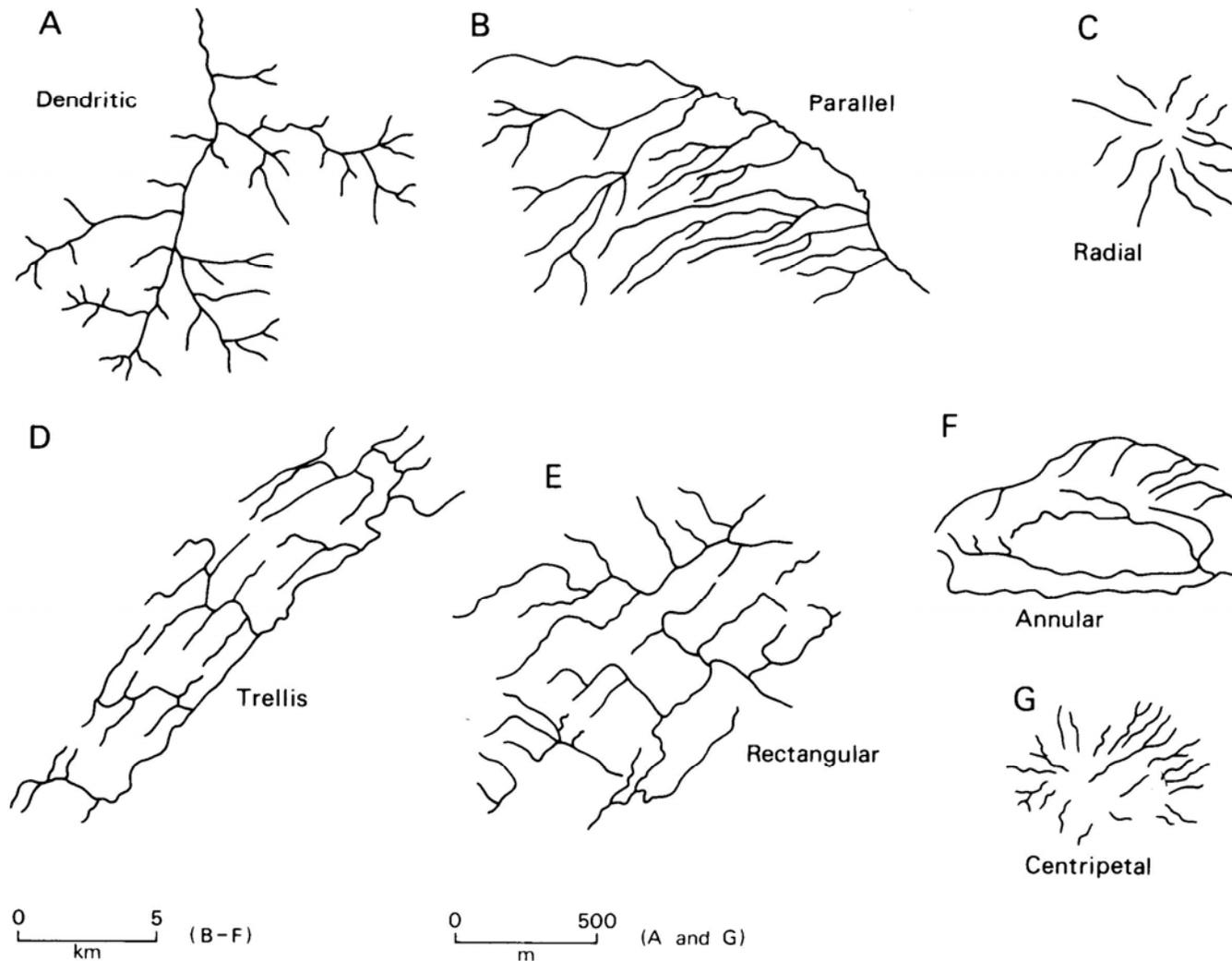


Fig. 16.1 Major types of drainage pattern related to structural controls. These are actual examples taken from various localities in the USA: (A) dendritic – Big Flat, Arkansas; (B) parallel – East Wind River Range, Sage Creek; (C) radial – Mount Ellsworth, Utah; (D) trellis – Tuscarora Creek, Pennsylvania; (E) rectangular – Schroon and Bouquet Rivers, New York; (F) annular – Maverick Spring Dome, Wyoming; (G) centripetal – Menan Buttes, Idaho. (Modified from M. Morisawa (1985) *Rivers*. Longman, London, Fig. 10.3, p. 161.)

Multibasinal

- Terrenos cársticos, glaciais, planícies costeiras e deltas, ou terrenos rebaixados ou soerguidos devido às mudanças abruptas de declividade (regiões sismogênicas)

Palimpsesto

- Planícies aluviais em blocos que sofreram basculamentos

Defluente

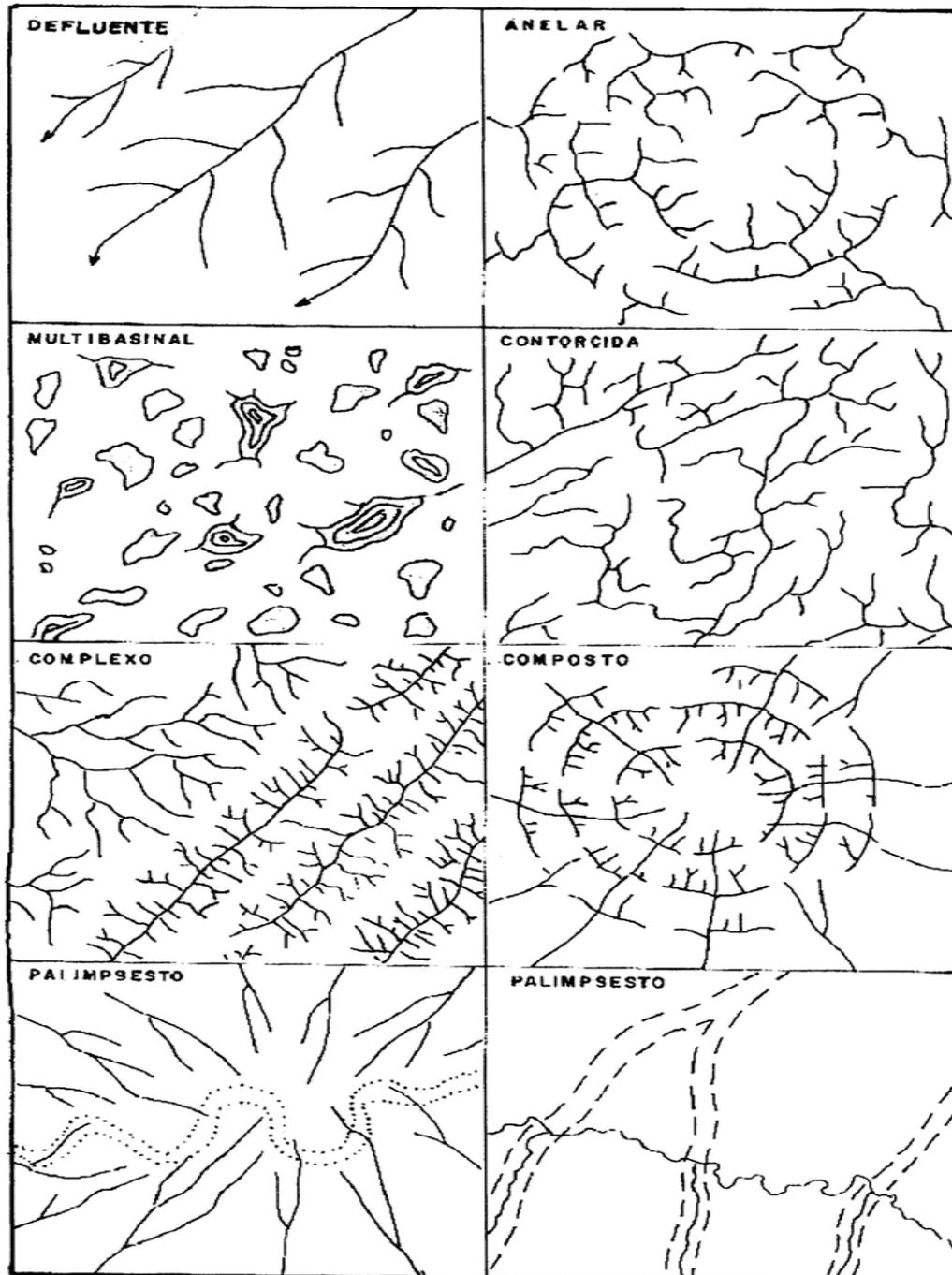
- Zona com tectônica ativa

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.

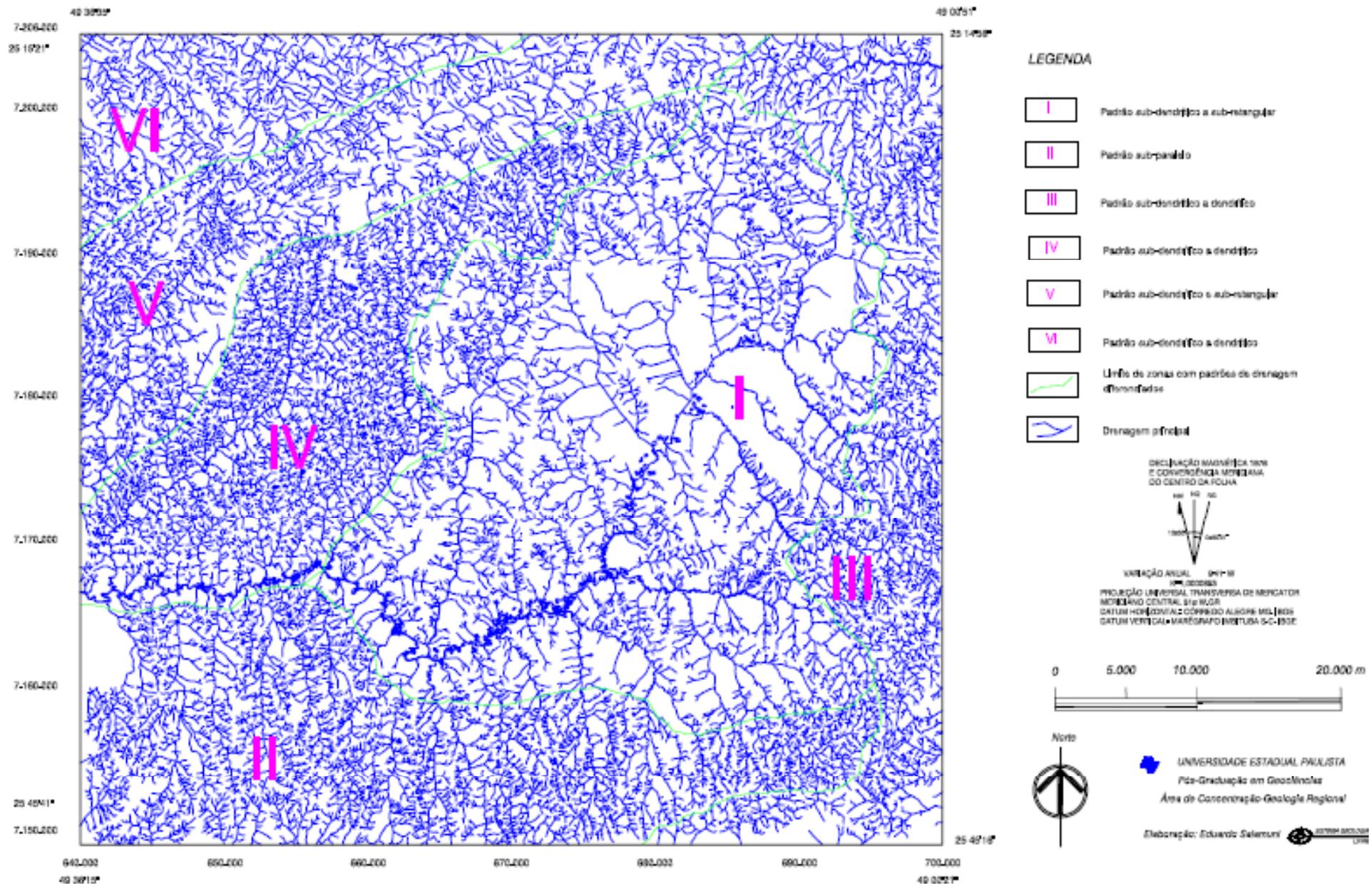
Yazoo (Zernitz, 1932 e Gagnon, 1974): nome de um rio afluente do Mississipi, na região central do EUA, que flui paralelo ao rio principal por dezenas de quilômetros. É próprio de planície aluviais com diques marginais.

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



Segundo Howard (1967)

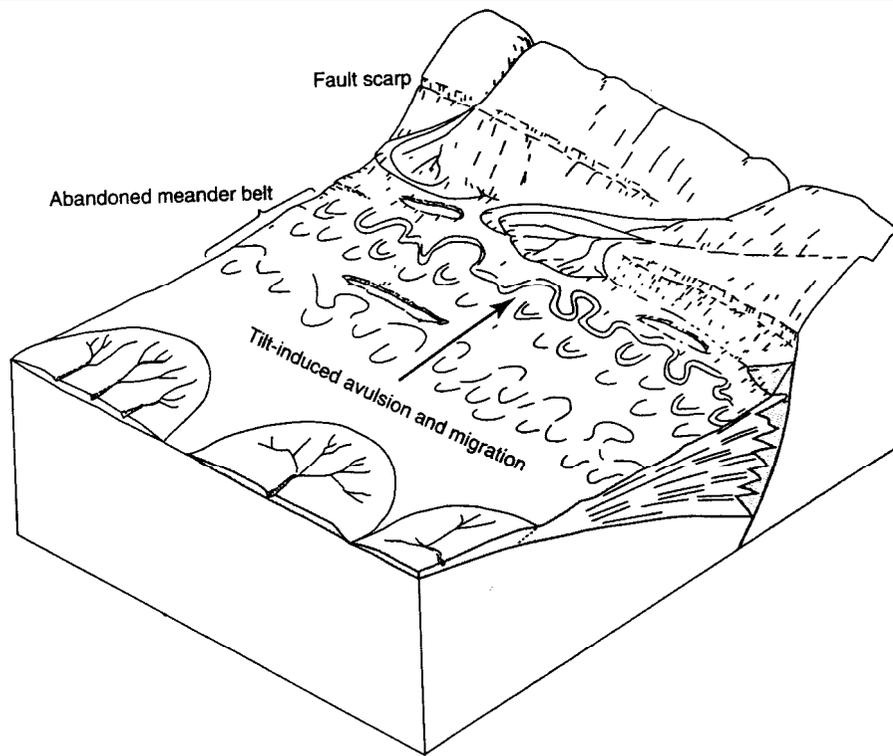
Des. Ar. 1810



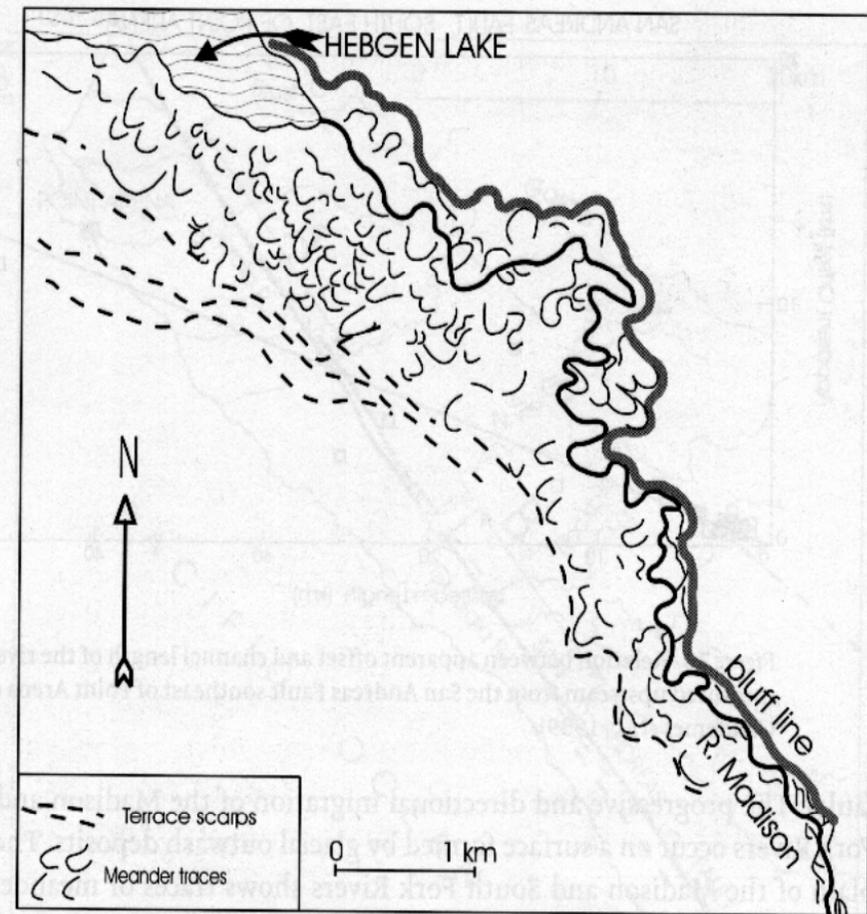
Exemplo de mapa de drenagem e respectivas delimitações de padrões. Bacia Sedimentar de Curitiba e arredores (Salamuni, 1998).

Anomalias de Drenagem

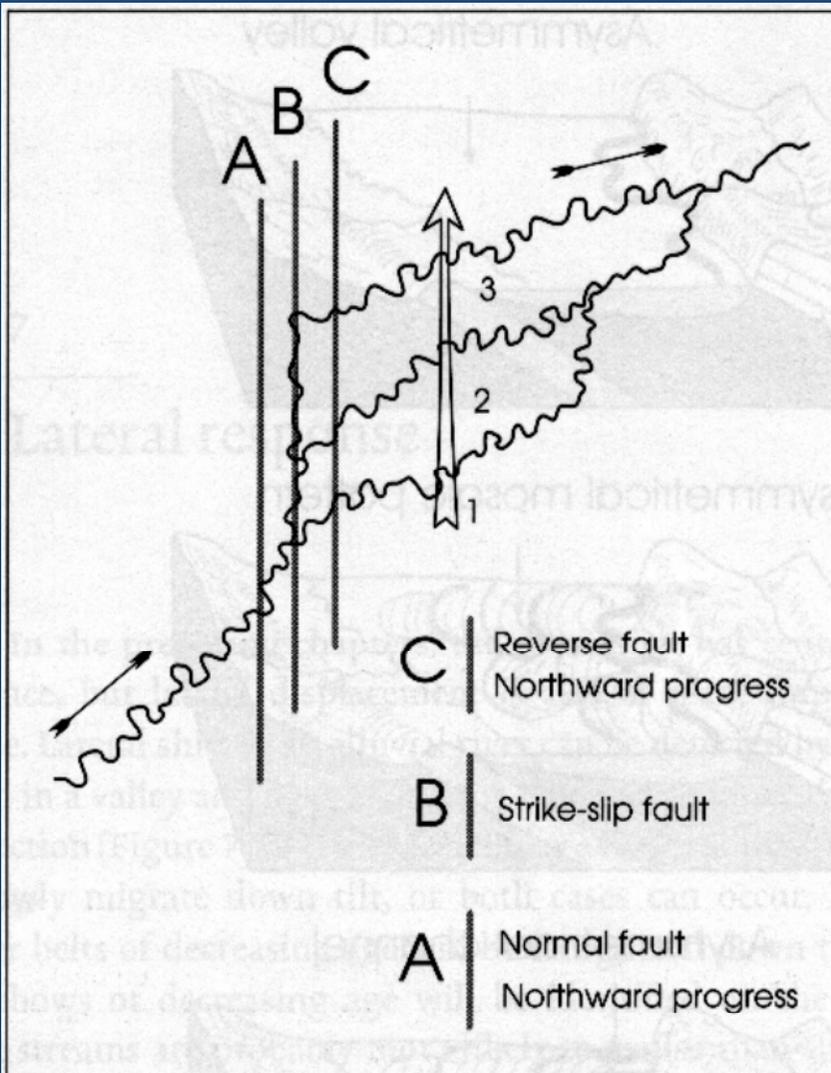
- **Retiliniaridade**: canais retilíneos, extensos, inseridos em padrão de drenagem não retangular e não treliça. Normalmente associados a fraturas (falhas e/ou juntas).
- **Meandros localizados**: ocorrência abrupta de meandro em padrão de drenagem ou em um canal essencialmente reto. Possível presença de domo com mudança no gradiente do canal.
- **Meandros comprimidos**: padrão de drenagem sinuoso ou presença frequente de meandro como súbita diminuição da sinuosidade. Possível presença de alto topográfico em alto estrutural.
- **Canal entrelaçado local**: pouca capacidade do canal em transportar carga de fundo. Igualmente presença de alto topográfico.



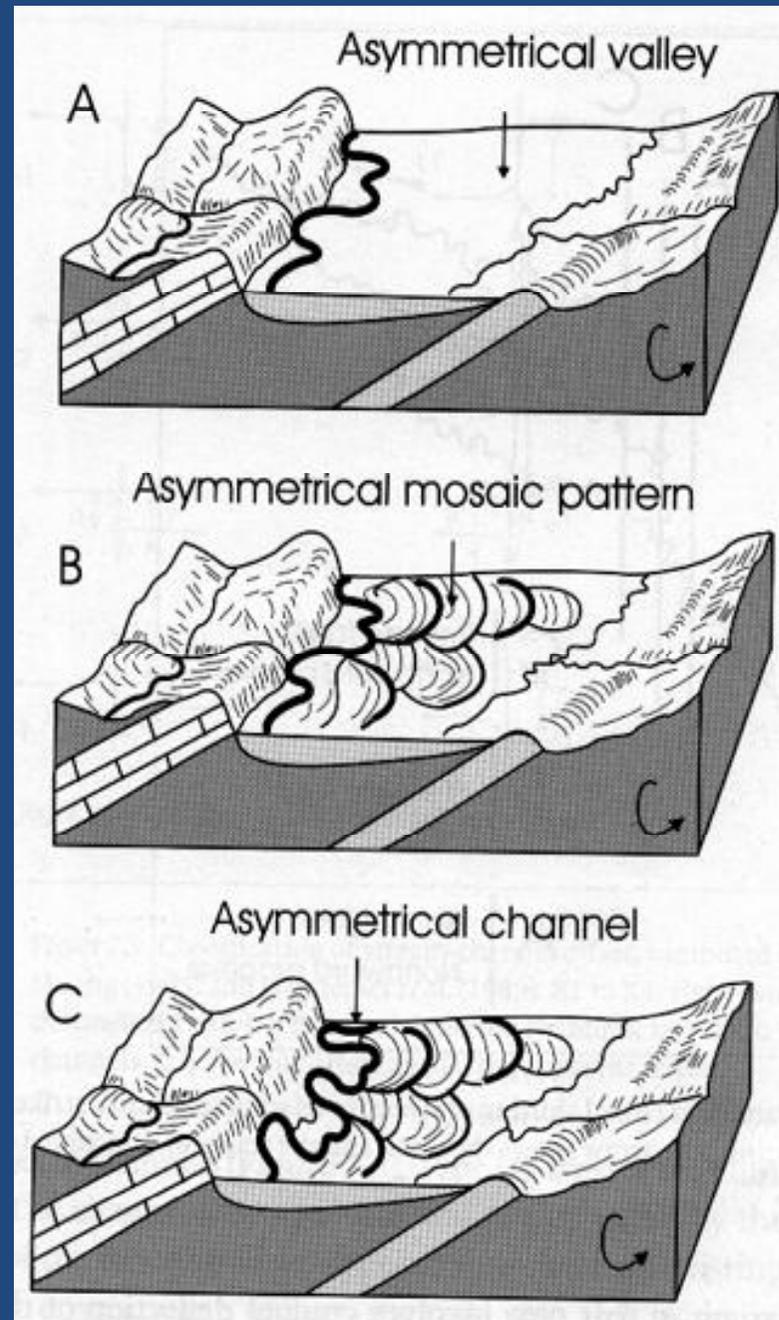
Topography and geomorphology of a half graben. Note that the active channel draining down the axis of the half graben has shifted toward the active fault scarp by ongoing tilting. (From Leeder and Gawthorpe, 1987. In M.P. Coward, J.F. Dewey, and P.L. Hancock (eds.), *Continental Extensional Tectonics*. Geological Society Special Publication, 28)



Anomalias de drenagem em forma de meandros abandonados



Anomalias de drenagem em forma de meandros ativos e assimetria de canal





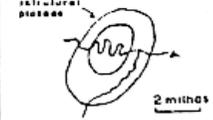
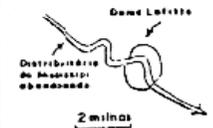
Cinturões de meandros ativos e abandonados simétricos com migração lateral em direção à escarpa da falha do rio Bonito, definidos por basculamento de bloco NW.

Fonte: A. Gontijo, 1999



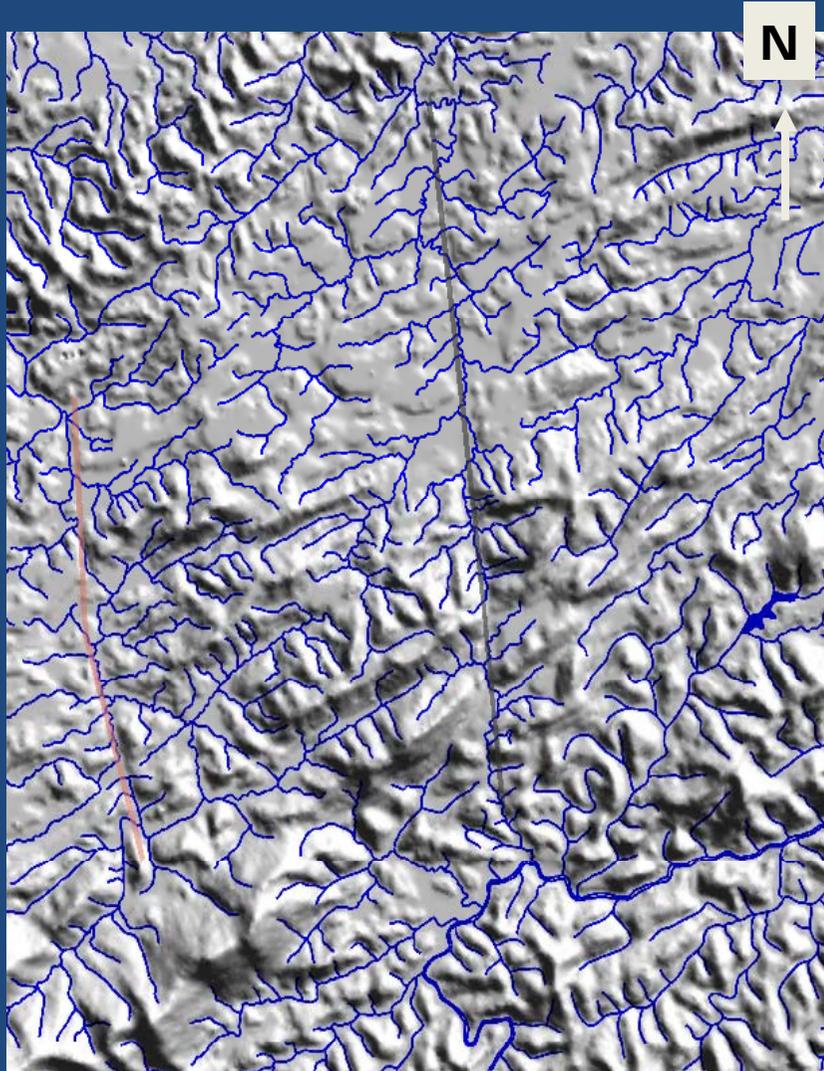
Migração lateral do leito por basculamento de bloco para SE. **(A)** deslocamento do terraço fluvial; **(B)** cinturões de meandros abandonados; **(C)** entalhe vertical de um leque coluvial holocênico.

- **Estreitamento de canal ou vale**: ocorrência de um alto estrutural ou mudança litológica significativa.
- **Depósitos aluviais, pântanos e lagos isolados**: indicação e subsidência ou levantamento.
- **Diques marginais**: igualmente indicação de subsidência levantamento, ou estrutura geológica encoberta.
- **Curvas anômalas**: normalmente indicam inversão de relevo ou controle estrutural.
- **Assimetria de comprimento de drenagens**: marcam ângulos distintos de vertentes.
- **Ocorrência de lagos**, sem haver divisor de águas bem delineados.
- **Grande incidência de terraços**.

TIPO DE CANAL	ANOMALIAS	CAUSAS A SEREM INVESTIGADAS
RETILÍNEO	RETILÍNEA RIDADE	LITOESTRUTURAIS: Indica a presença de fraturas, veios ou diques
MEANDRANTE	Meandros comprimidos e entalhados  Anomalia estrutural 2 milhas	MOVIMENTO NEOTECTÔNICO ASCENSIONAL: Indicados pela formação de um novo padrão de meandros. Se o movimento é rápido cessa a erosão lateral e a incisão vertical fixa os meandros. Se o movimento é lento, o canal retifica o talvegue diminuindo a sinuosidade.
	Ocorrência local e abrupta  Dome Lotic Distribuição de meandros abandonados 2 milhas	MUDANÇAS NA DINÂMICA DE FLUXO: Dada pela perda de volume devido ao acréscimo local do fluxo inferior e ao aumento da carga de sedimentos que se torna maior que a competência do fluxo. MOVIMENTO NEOTECTÔNICO ASCENSIONAL: Nos tributários que aumentam a carga de sedimentos, ou no canal principal que causa a diminuição do gradiente.
ENTRELAÇADOS E RAMIFICADOS	Ocorrência local e abrupta  Dome Shaly Formação espontânea 2 milhas	No caso de aumento são válidas as causas acima enunciadas. No caso de diminuição pode estar associada a ocorrência de movimentos ascensionais neotectônicos, ou o aumento da capacidade erosiva devido a diminuição de carga do rio.
	Variação no tamanho de barras e ilhas  Dome Volcanicas 2 milhas	
OUTRAS FEIÇÕES	Curvas e voltas anômalas  1 2 3 4 5 6 Esquemático	MOVIMENTOS NEOTECTÔNICOS ASCENSIONAIS: Transversais ao canal, que provocam o seu desvio e formação de curvas ao redor da feição e/ou por bloqueio nos tributários que são defletidos para uma drenagem vizinha formando confluências farpadas e/ou abandonando canais.
	VARIAÇÃO NO GRAU DE SINUSIDADE	MOVIMENTOS NEOTECTÔNICOS: - Se diminui a sinuosidade pode estar ocorrendo movimentos ascensionais. - Se aumenta pode estar ocorrendo movimentos de subsidência.

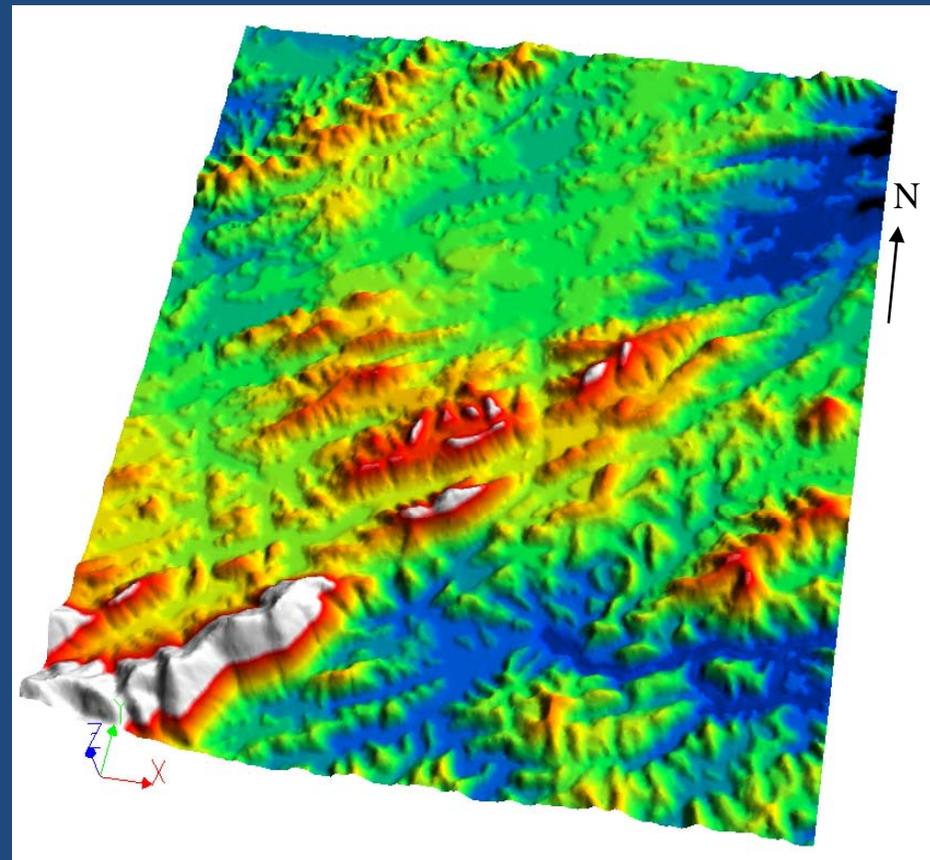
Anomalias no canal fluvial e suas causas (Howard, 1967; Jain, 1980)

Exemplos de anomalias de drenagem na Serra da Mantiqueira

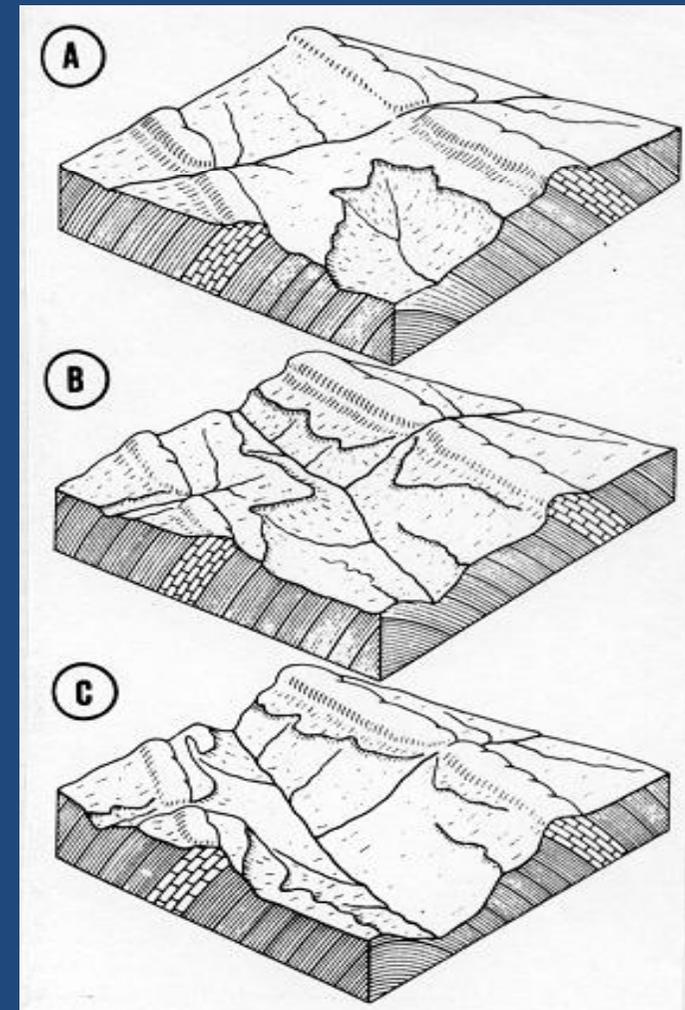


Fonte: A. Gontijo (1999)

Destaque de anomalias de drenagem dos rios Bocaina e Carioca ou Antinha, do córrego Pouso Seco e do rio Barra Mansa, ribeirões da Glória e Brandão e rio Barra Mansa e, ribeirão Caximbal e córrego Pau d'Alho



- As anomalias de drenagem podem causar anarquia de rios ou rios sem proporção, além de capturas de drenagem, que provocam modificação acentuada em um conjunto de drenagens. Neste caso o ponto onde ocorrem é denominado de nó.
- Esta captura pode ocorrer por erosão remontante, aplanamento lateral ou desvio subterrâneo. Também é comum a captura por transbordamento sazonal.

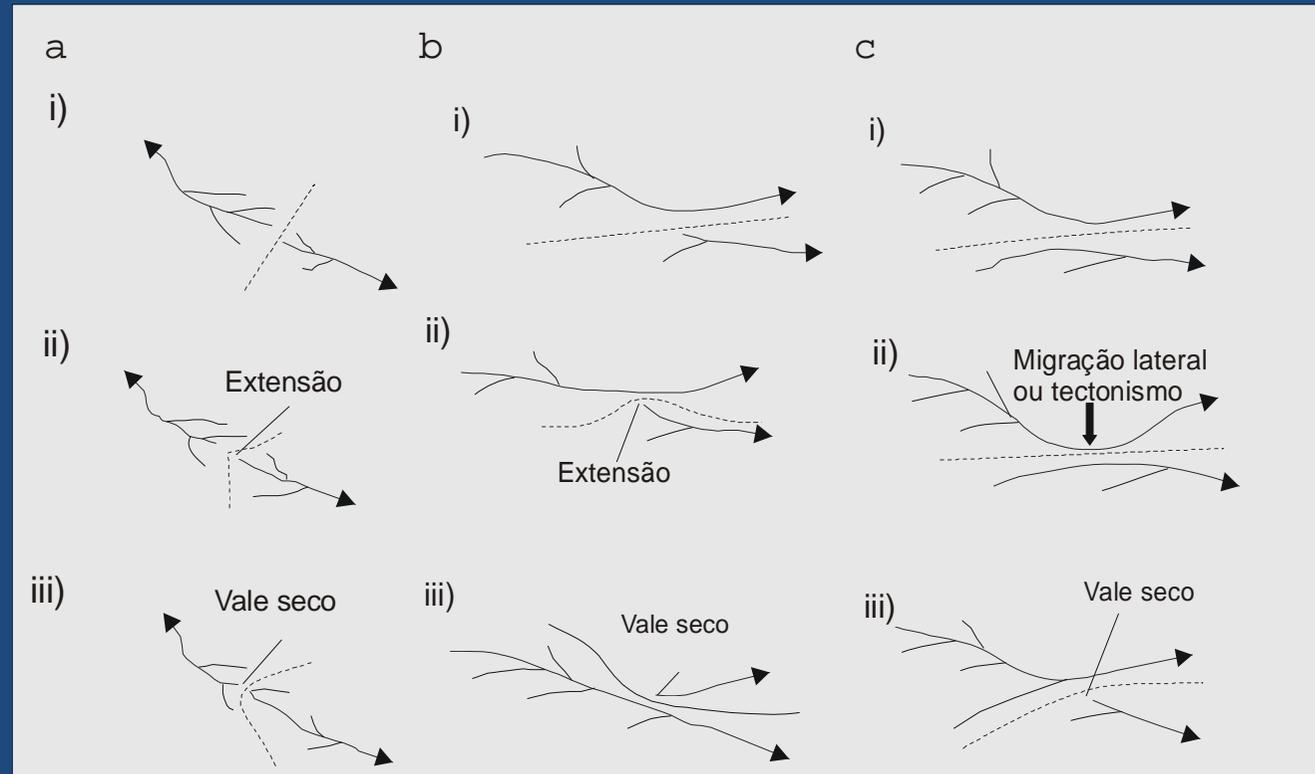


Modelos de capturas de drenagem

Evidências mais comuns de capturas

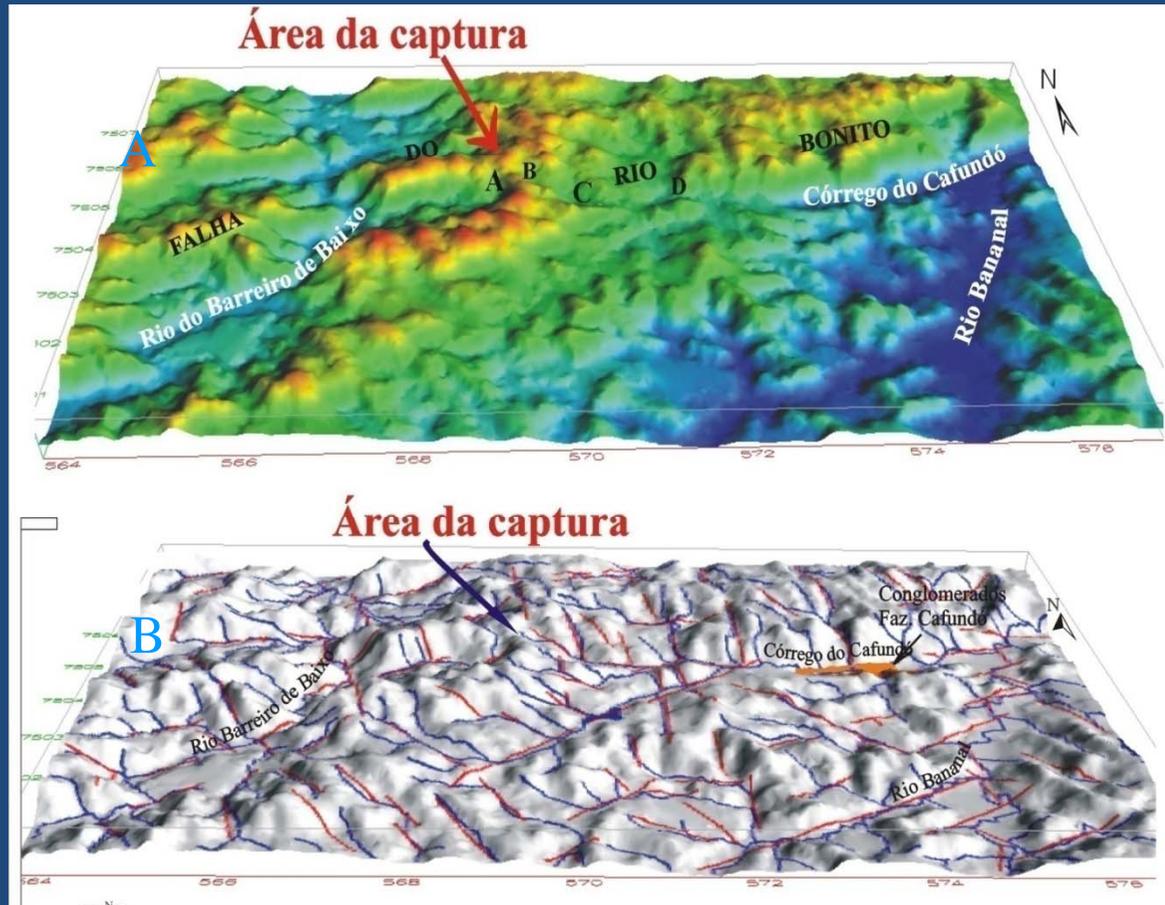
- **Cotovelo (*elbow of capture*):** constitui o ponto de captura do rio, sempre em ângulo reto, indica a direção da mudança do canal. Uma malha de drenagem, quando caracterizada por muitos cotovelos, é chamada de *barbed drainage*.
- **Vales secos (*wind gaps*):** vales secos abandonados que surgem após a captura. Caracterizam-se por vales com sedimentos fluviais entre o cotovelo e o novo trecho capturado, que é geralmente encachoeirado.
- **Reentrâncias de anfiteatros (*hollows*):** interpretadas como início da captura de drenagem. A alta densidade de drenagem indica que existem mais cabeceiras de drenagem potencialmente sujeitas a erosão remontante e quebra do divisor. Fluxos de detritos (*debris flows*) associados com alta magnitude de chuvas e pressões de águas intersticiais são importantes na evolução dos anfiteatros.

Formas de rearranjo de drenagem por captura vistas em planta



Na figura a linha tracejada é o divisor da drenagem. O processo de captura se dá por **(a)** formação de *barbed drainage* pela extensão da cabeceira, **(b)** e **(c)** capturas pela invasão lateral de bacia adjacente, ou pela extensão de cabeceira de um tributário **(b)** ou migração lateral de um rio para capturar um tributário adjacente **(c)**. Em todas as situações espera-se rejuvenescimento de cabeceira do rio capturado no ponto de captura ou a montante deste. (Fonte: Bishop, 1995)

Exemplo de captura na Serra da Mantiqueira

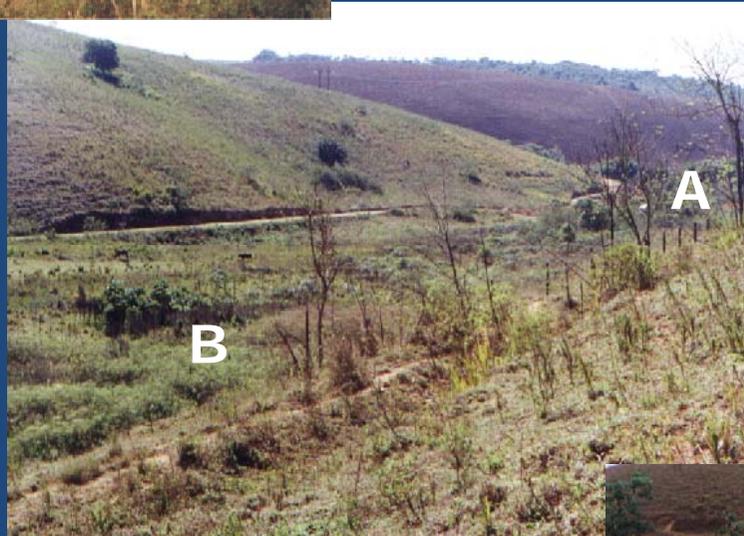


- (a) CC adaptado ao longo do paleovale do RBB. A esquerda: novo curso do RBB adaptado segundo a direção N-S
- (b) relação entre as estruturas (traço vermelho) e a drenagem (traço azul) do CC e do RBB
- (c) detalhe da captura com visada para E

MDE destacando a captura Córrego Cafundó (CC) e do rio Barreiro de Baixo (RBB). Fonte: A. Gontijo (1999)



Expressão geomorfológica correspondente à junção de cabeceiras opostas (*bottom up*) na área da captura do córrego do Campo Alegre (A) pelo rio do Barreiro de Baixo (B)



Vale abandonado (*wind gap*)

Reajuste do canal capturado escavando os sedimentos da planície



Fonte: A. Gontijo (1999)



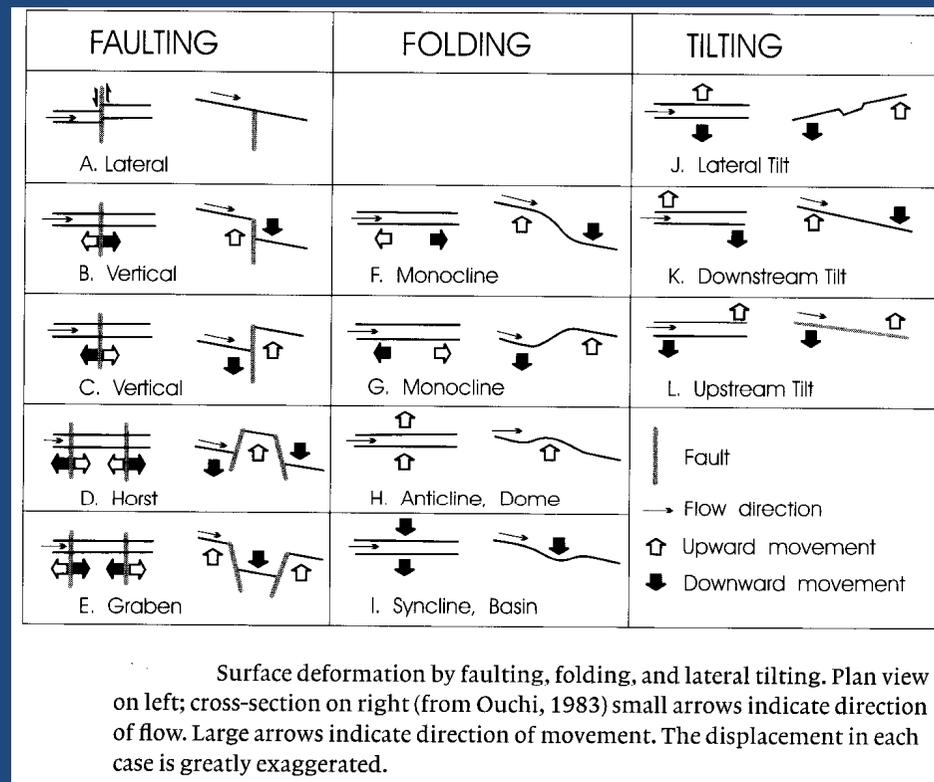
Divisor das bacias dos rios Barreiro de Baixo (seta azul) e Piracema-Manso (seta vermelha). Ocorrência de vales abandonados no divisor evidenciando capturas de drenagem e inversão de relevo.

Fonte: A. Gontijo (1999). Foto: T.M. Silva

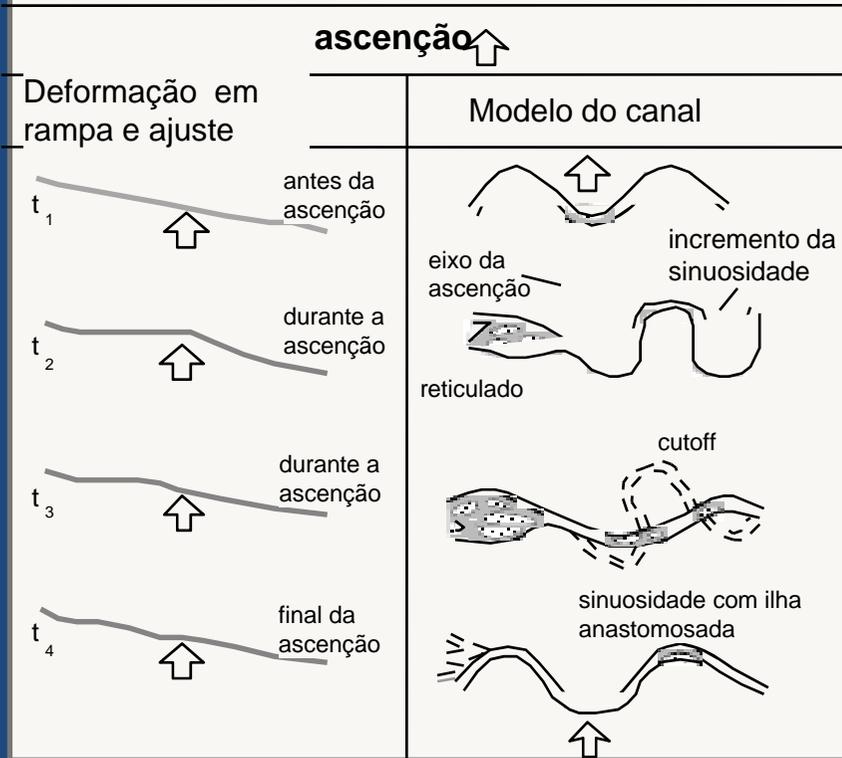
CONTROLE ESTRUTURAL DA DRENAGEM

É um dos principais fatores de caracterização da morfoestrutura e da morfotectônica de um região. A princípio de se considera que a drenagem está implantada, a partir do estabelecimento do clima úmido local, sobre estruturas mais antiga, ou seja, há aproveitamento da linhas de fraqueza já existentes.

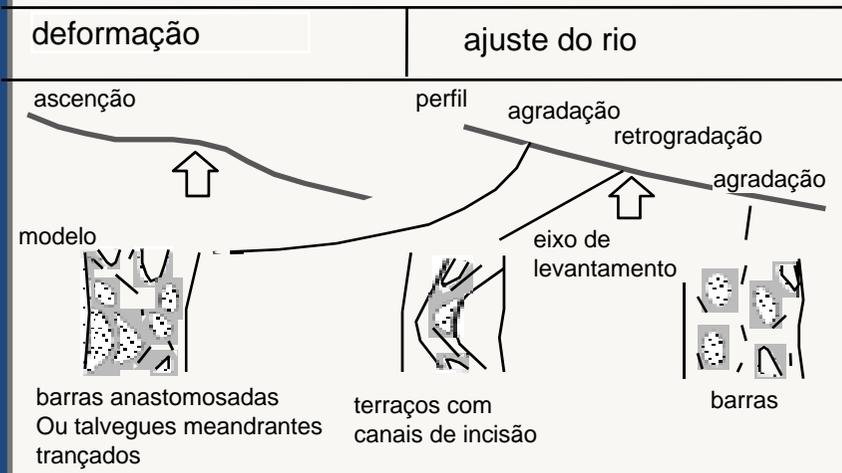
Todavia, mudanças no canal podem ser resultado de movimentação do substrato, ocasionada por atividade tectônica mais recente que a implantação da drenagem. Isto seria determinado por estruturas geológicas ativas, caracterizando um processo Neotectônico.



A. Rios meandrantes

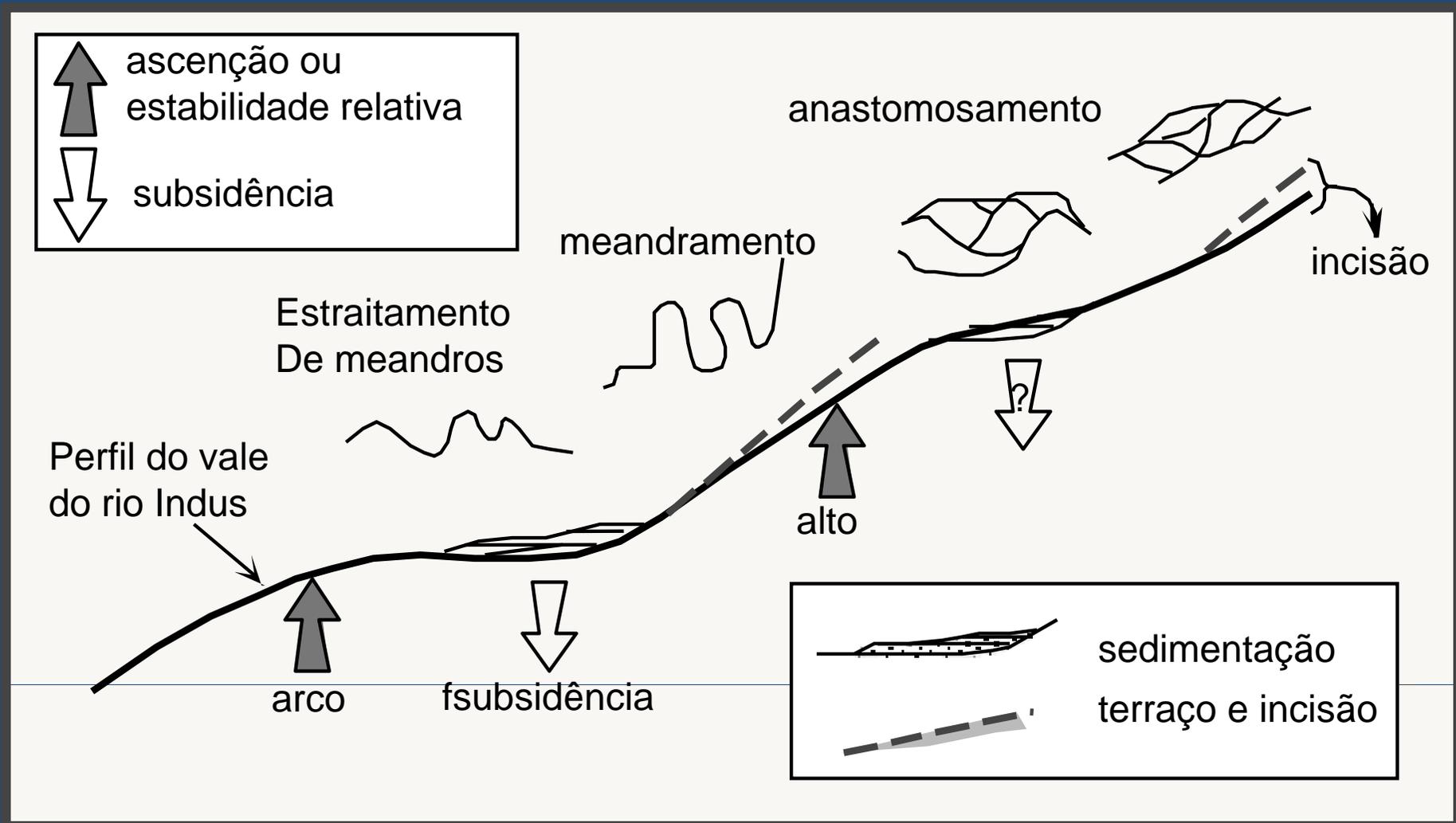


B. Rios anastomosados ou trançados



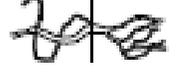
Modelos ligados à ascensão do leito do rio: efeitos da ascensão ou levantamento na formação de modelos meandrantis e anastomosados em experimentos laboratoriais

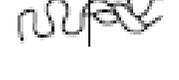
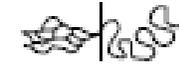
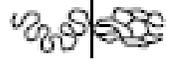
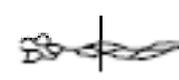
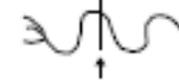
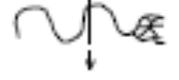
Copyright © 2001 Douglas Burbank and Robert Anderson. This figure may be downloaded and used for teaching purposes only. It may not be reproduced in any publication, commercial or scientific, without permission from the publishers, Blackwell Publishing, 108 Cowley Road, Oxford OX4 1JF, UK.



Representação esquemática do perfil e do modelo de canal associado do rio Indus no oeste do Paquistão

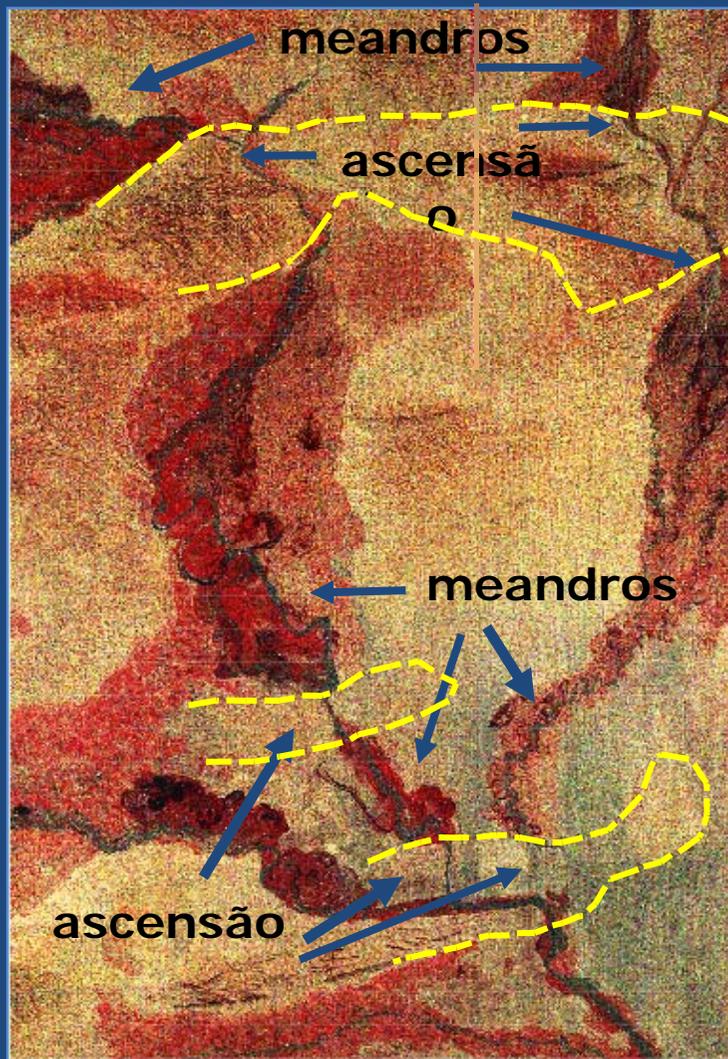
Copyright © 2001 Douglas Burbank and Robert Anderson. This figure may be downloaded and used for teaching purposes only. It may not be reproduced in any publication, commercial or scientific, without permission from the publishers, Blackwell Publishing, 108 Cowley Road, Oxford OX4 1JF, UK.

RIOS MEANDRANTES - Canais mistos			
a. Ascendente		b. Subsidente	
Deformação e ajuste	Modelo de canal	Deformação e ajuste	Modelo de canal
			
			
			
			

RIOS MEANDRANTES - Canais suspensos			
a. Ascendente		b. Subsidente	
Deformação e ajuste	Modelo de canal	Deformação e ajuste	Modelo de canal
			
			
			
			
			

Representação dos testes de modelos reduzidos que demonstram o comportamento de drenagem meandrante quando submetida a movimentos ascencionais e subsidentes (Ouchi, 1985).

Efeitos de falhas sobre sistemas de drenagem



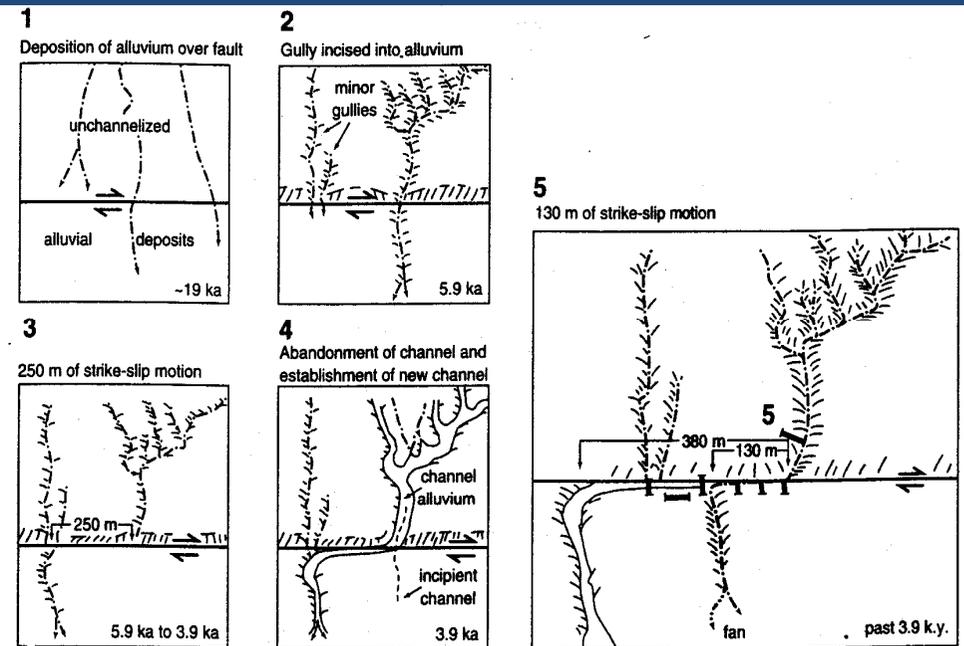
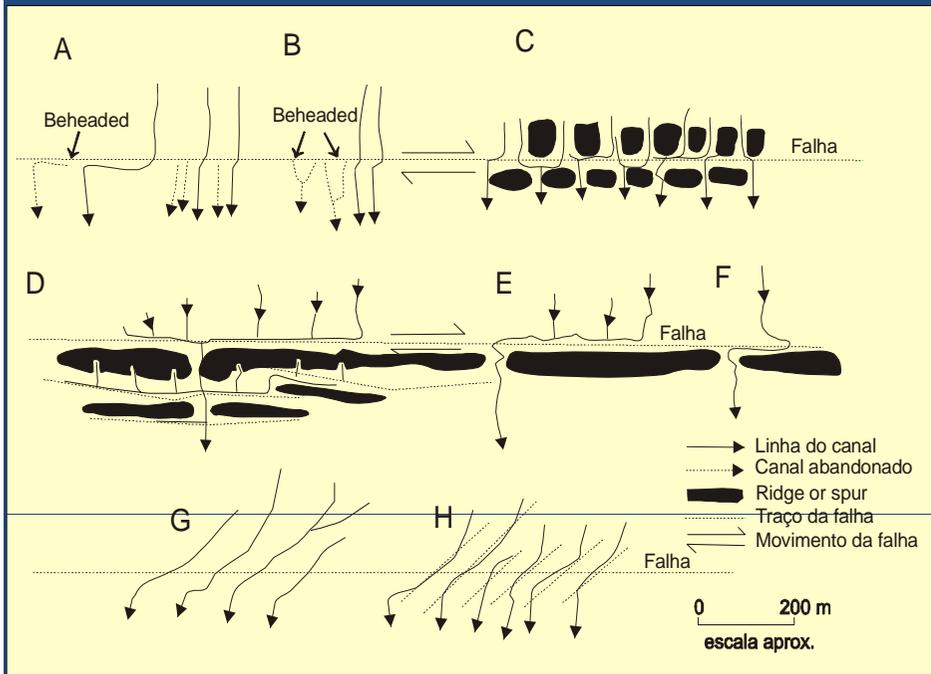
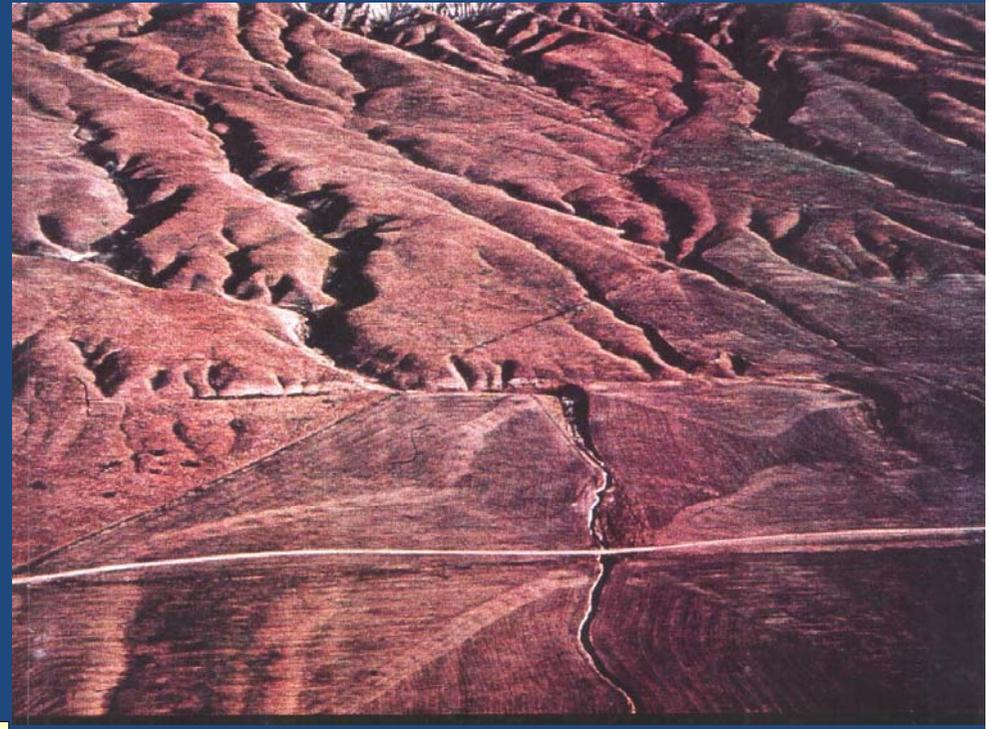
Trocas no modelo da planície aluvional, estão intimamente associadas ao controle tectônico ligadas às dobras, ao basculamento e às falhas.

Zonas onde houve ascensão do rio levou-o até as bordas do vale.

Imagem de satélite do “foreland” Pamir ao longo da divisa Afeganistão e Tadjikistão

Copyright © 2001 Douglas Burbank and Robert Anderson. This figure may be downloaded and used for teaching purposes only. It may not be reproduced in any publication, commercial or scientific, without permission from the publishers, Blackwell Publishing, 108 Cowley Road, Oxford OX4 1JF, UK.

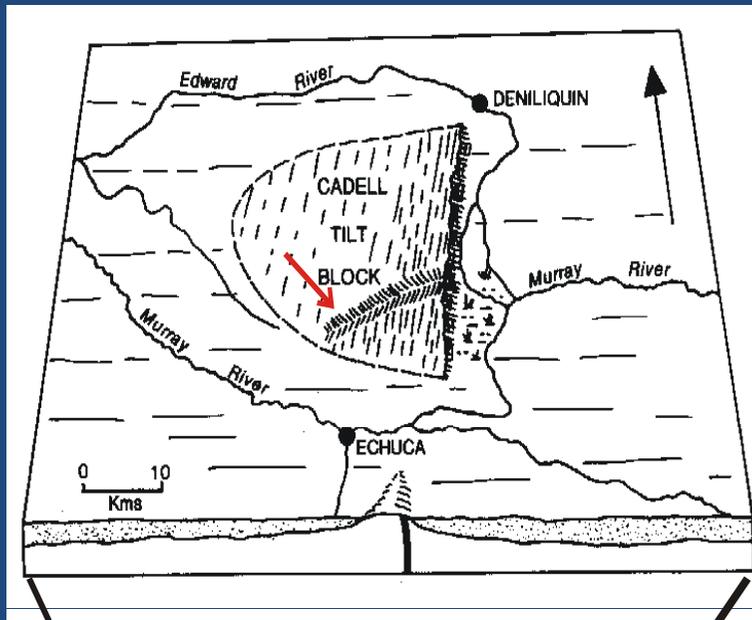
Deslocamento de drenagem e paisagens em falhas transcorrentes (modificado de Summerfield, 1981)



Exemplo em escala de campo de deslocamento de canal por falha transcorrente



Copyright © 2001 Douglas Burbank and Robert Anderson. This figure may be downloaded and used for teaching purposes only. It may not be reproduced in any publication, commercial or scientific, without permission from the publishers, Blackwell Publishing, 108 Cowley Road, Oxford OX4 1JF, UK.



Efeitos de falhas normais no rio Murray (Austrália).

a) divergência para norte por basculamento;

b) atualmente drena para o sul por falha.

A seta indica o antigo leito do rio Green Gully

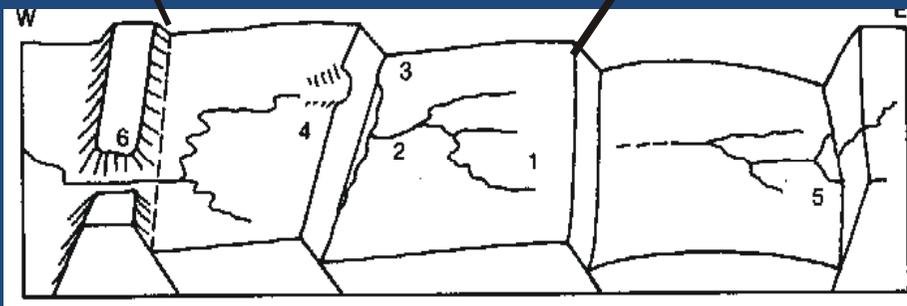
1) canal com o fluxo no sentido original

2 e 3) canal ao longo do plano de falha de alto ângulo gerando depressões e lagos

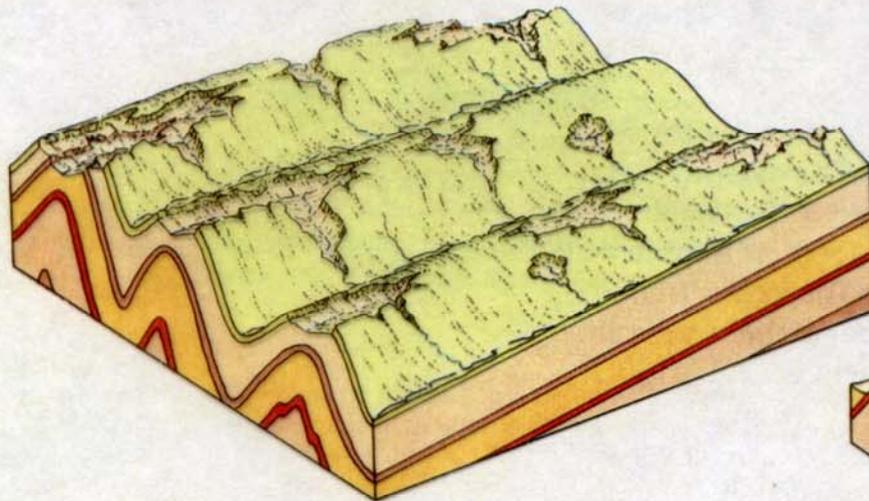
4) rio beheaded: área de captura

5) falha de alto ângulo e basculamento de bloco originando drenagem reversa

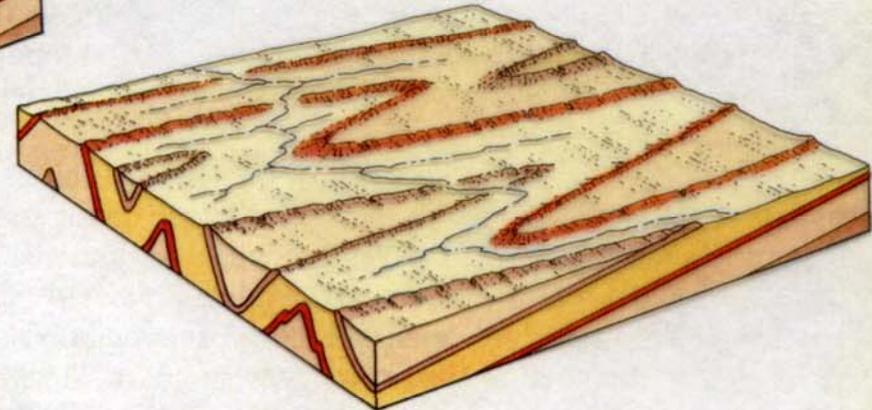
6) drenagem epigenética ou antecedente cortando o bloco soerguido (horst)



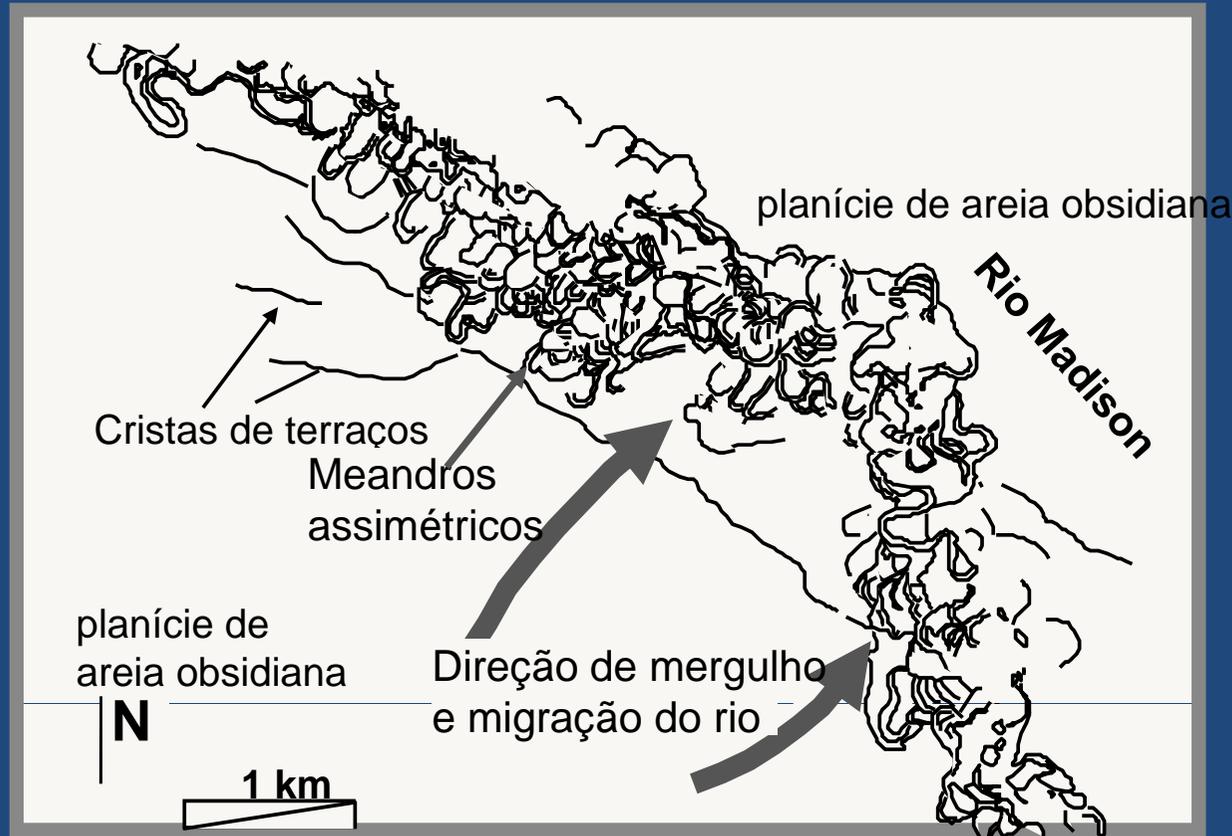
Os meandros deslocados e o desvio dos rios ao redor dos narizes de dobras, indicam controle estrutural da posição do rio



(B) Initial stage. Anticlines form ridges and synclines form valleys, but erosion soon attacks the crests of the folds.



(C) Later stages. The tops of the folds are eroded away, so that hog-back ridges are left along the flanks of the folds. These ridges commonly form a zigzag pattern.



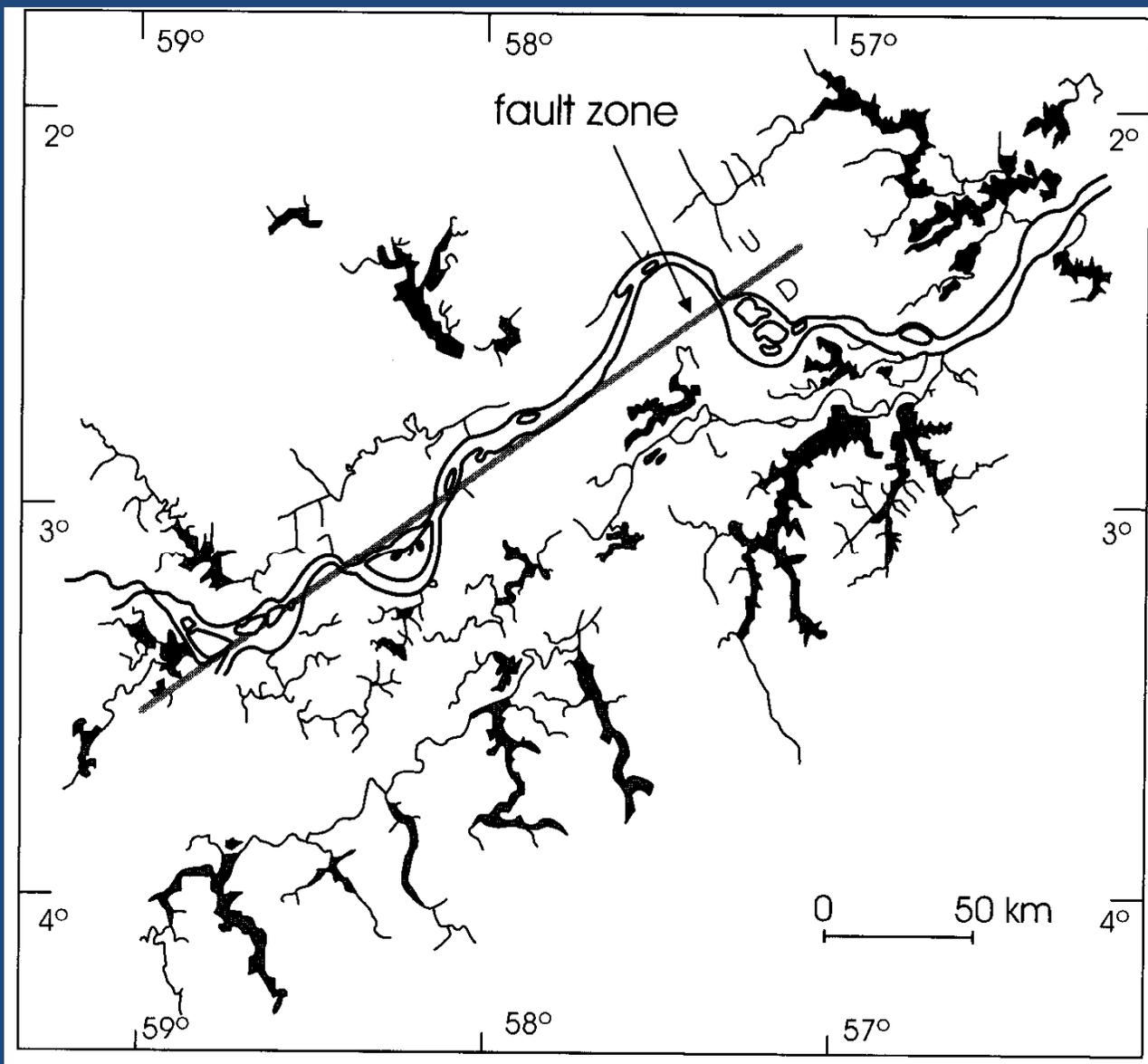
Cicatrizes de meandros abandonados do rio Madison próximos à ruptura do lago Hebgen: durante o terremoto de 1959 houve geração de falha normal, deslocamento e basculamento. É notável a posição do canal do rio nas margens do cinturão de meandros. A série de cicatrizes e os meandros abandonados sugerem que o rio manteve seu tamanho, mas migrou lateralmente em resposta ao basculamento.

Copyright © 2001 Douglas Burbank and Robert Anderson. This figure may be downloaded and used for teaching purposes only. It may not be reproduced in any publication, commercial or scientific, without permission from the publishers, Blackwell Publishing, 108 Cowley Road, Oxford OX4 1JF, UK.



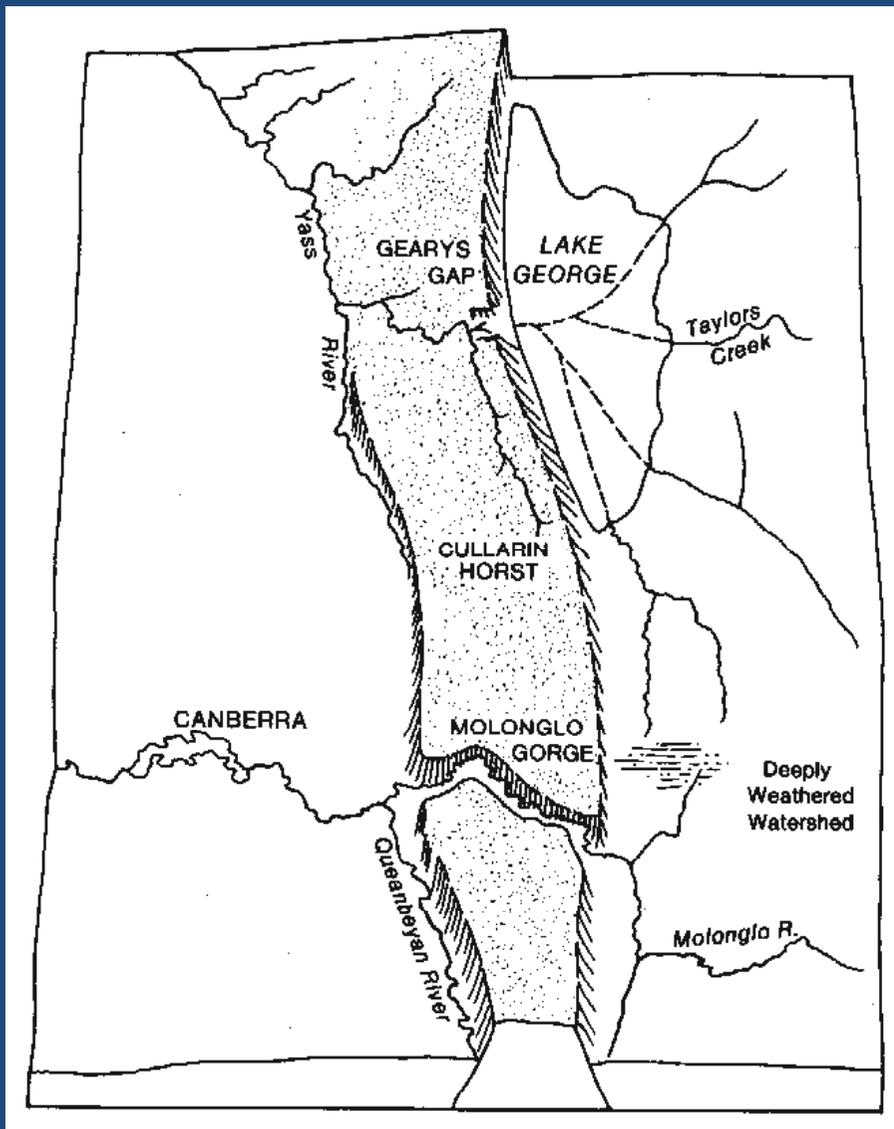
A imagem mostra o cinturão de meandros abandonados do rio Owen, mas com um estreito canal no seu interior, limitado no centro devido a levantamento de domo ressurgente.

Entre os dois cinturões há uma curta seção de um canal recentemente abandonado.



Zona de falha
inferida em
Tupinambaras,
bacia do Amazonas
entre Obidos e
Manaus
(modificado de
Sternberg, 1955).

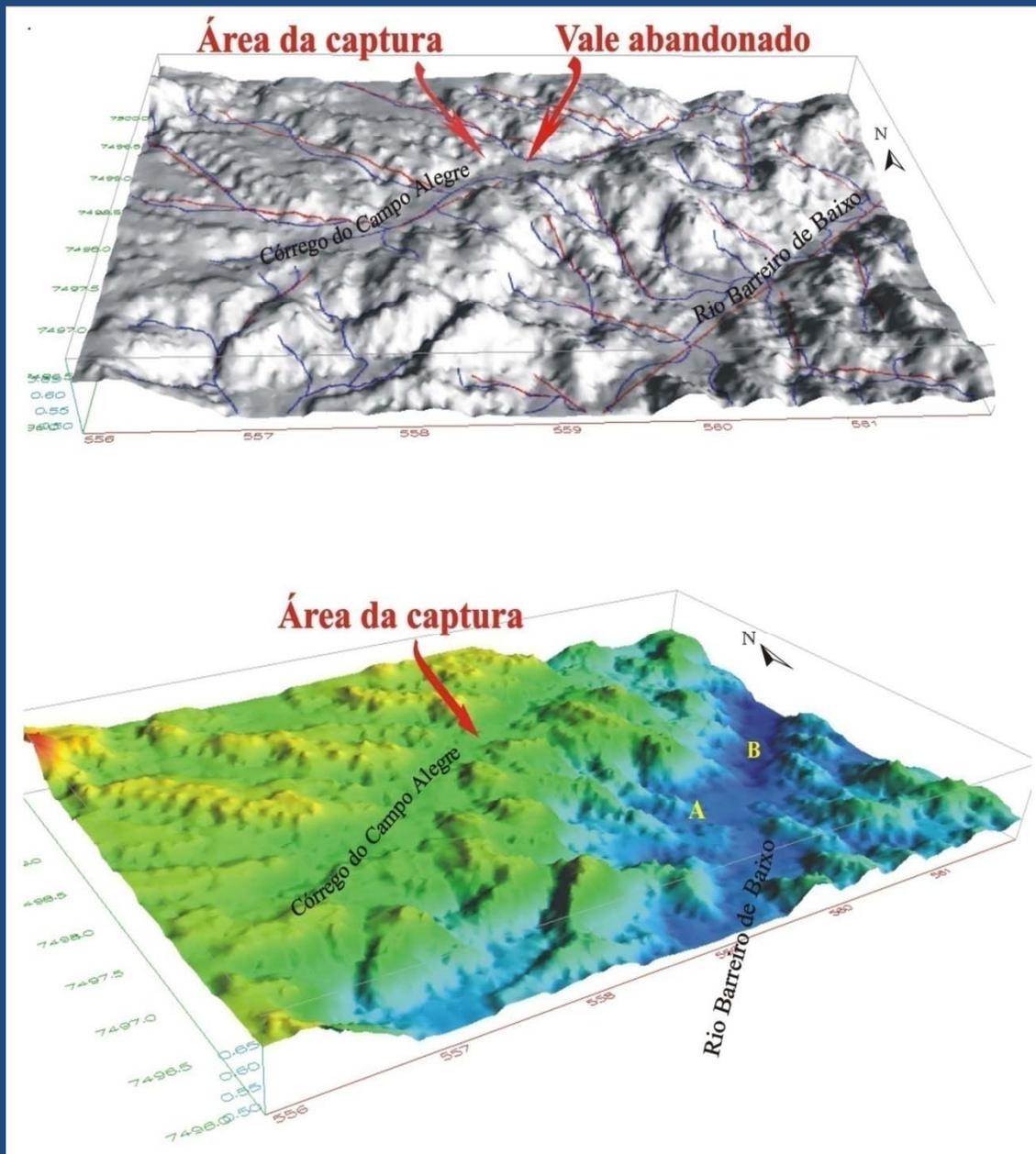
O Traço do rio e dos
lagos sugerem um
movimento
descendente ao
longo do eixo da
falha inferida.



Lago George (New south Wales):

1) antes da falha: Taylor Creeck (TC), tributário do rio Yass; rio Molongo (MR) drena ao longo do lineamento da atual falha (Queanbeyan Fault)

2) depois da falha: geração do Cullarin Horst: (a) ao sul do horst o rio Molonglo drena de forma epigenética (antecedente); (b) ao norte há geração do Lago George com a ruptura do TC (Gearys Gaps).



MDE que mostra a relação entre as estruturas (traço vermelho) e os sistemas de drenagem (traço azul) do Córrego do Campo Alegre e do rio do Barreiro de Baixo (Serra da Mantiqueira)

MDE com topografia da região acima.
A e B: desnível de terraço por basculamentos de blocos para NW e SE

Fonte: A. Gontijo (1999)

MÉTODOS DE ANÁLISE DE BACIAS DE DRENAGEM (ÍNDICES GEOMÓRFICOS DA TECTÔNICA ATIVA)

Fator de assimetria da bacia de drenagem (FABD) (Hare e Gardner, 1985)

- A técnica é usada onde há falhas recentes mascaradas ou pouco expostas, é mais eficiente em terrenos planálticos.
- A assimetria de bacias de drenagem reflete a componente de migração perpendicular a seu eixo, que pode ser o resultado de processos fluviais internos e/ou forças externas (tectônicas). Utiliza-se a seguinte relação:

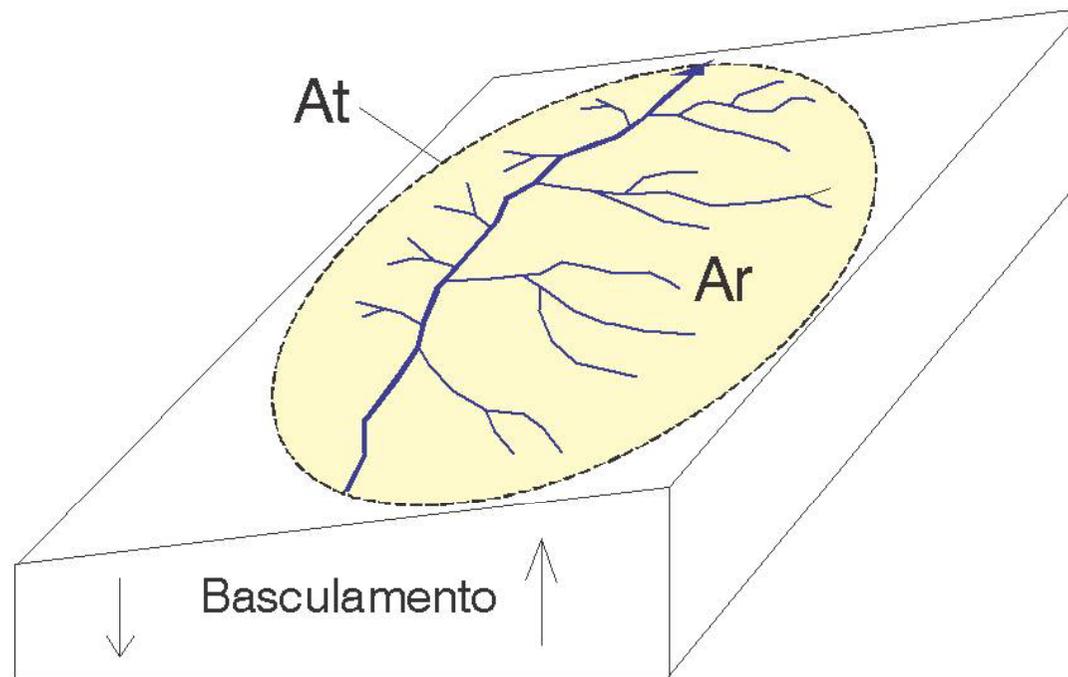
$$FA = 100 (Ar/At)$$

- onde,
FA = fator de assimetria, **Ar** = área da bacia à direita do rio (olhando a jusante), **At** = área total da bacia de drenagem
- Os valores normais de FA devem ser iguais ou próximos de 50 (não há indícios de atividade tectônica local).
- Os valores maiores de 50 mostram provável basculamento da margem direita do rio, enquanto os valores menores de 50 revelam provável basculamento da margem esquerda.

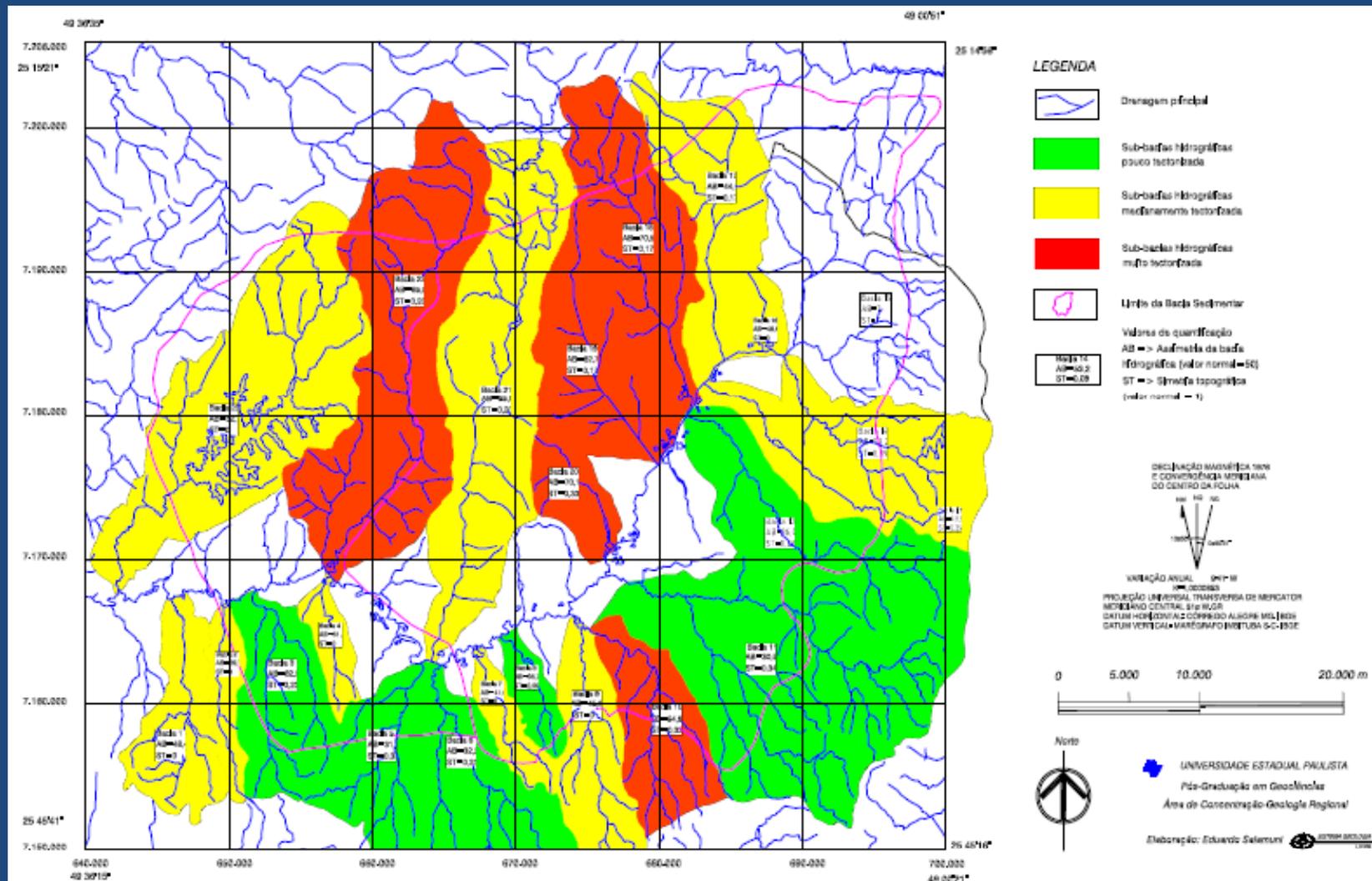
$$A_f = 100 (A_r/A_t)$$

$$A_f = 100 (3.2 \text{ Km}^2/4.9 \text{ Km}^2) = 65 \text{ (exemplo numérico)}$$

$A_f > 50 \Rightarrow$ implica que a bacia bascula para a esquerda (olhando para jusante)



Fator de Assimetria da Bacia de Drenagem (FABD), como fator de quantificação do deslocamento de um rio devido a causas tectônicas (mod. Hare e Gardner, 1985)



Estudo de Fator de Assimetria bacias tributárias do rio Iguazu, com provável movimentação tectônica recente. Fonte: Salamuni (1998).

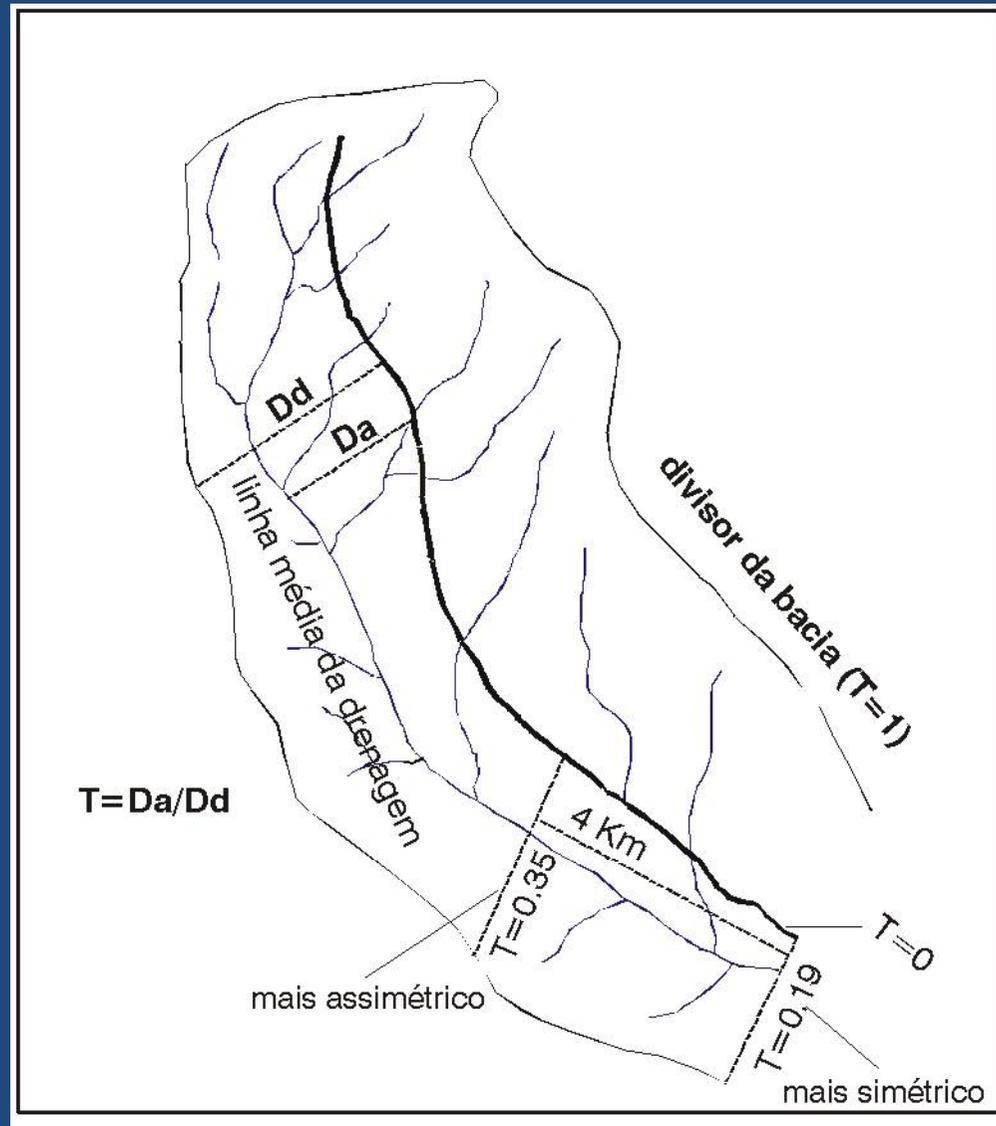
Fator de simetria topográfica transversal - FSTT (Cox, 1994)

É baseado no fato de que a migração preferencial do canal caracteriza assimetria do perfil topográfico transversal ao seu eixo. Os valores são obtidos utilizados na seguinte relação:

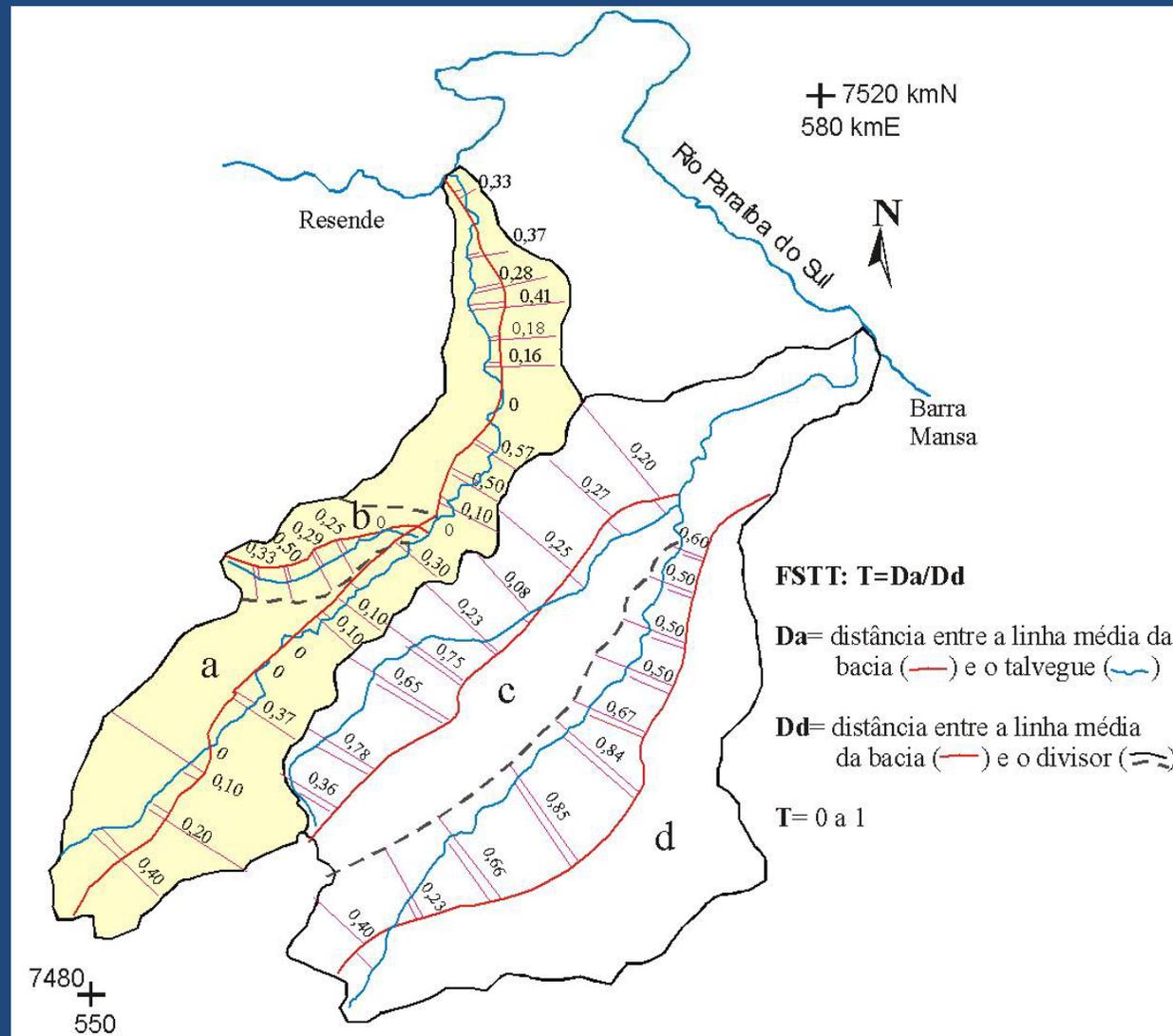
$$T = D_a/D_d$$

onde,

- **D_a** = distância da linha média do eixo da bacia de drenagem até a linha média do cinturão do meandro ativo; **D_d** = distância da linha média da bacia ao divisor da bacia.
- Nesta técnica os valores normais, sem alteração do perfil topográfico, devem ser iguais ou próximos de zero (**T=0**).
- A assimetria cresce quanto mais os valores de **T** se aproximam de **1**, ou seja a bacia pode estar basculada neste caso, em função de estar sob processo de deformação ligado à tectônica ativa.



Fator de Simetria Topográfica Transversa (FSTT), como fator de quantificação de deslocamento de um rio, levando-se em consideração a topografia, devido a causas tectônicas (mod. COX, 1994).



Índices de simetria de drenagem obtidos por meio da técnica FSTT – Fator de Simetria Topográfica Transversa, para as bacias dos rios Barreiro de Baixo (a), Campo Alegre (b), Piracema (c) e Bananal (d), localizados entre a Serra da Mantiqueira e o rio Paraíba do Sul. (Fonte: A. Gontijo, 1999)

Índice extensão-gradiente do canal

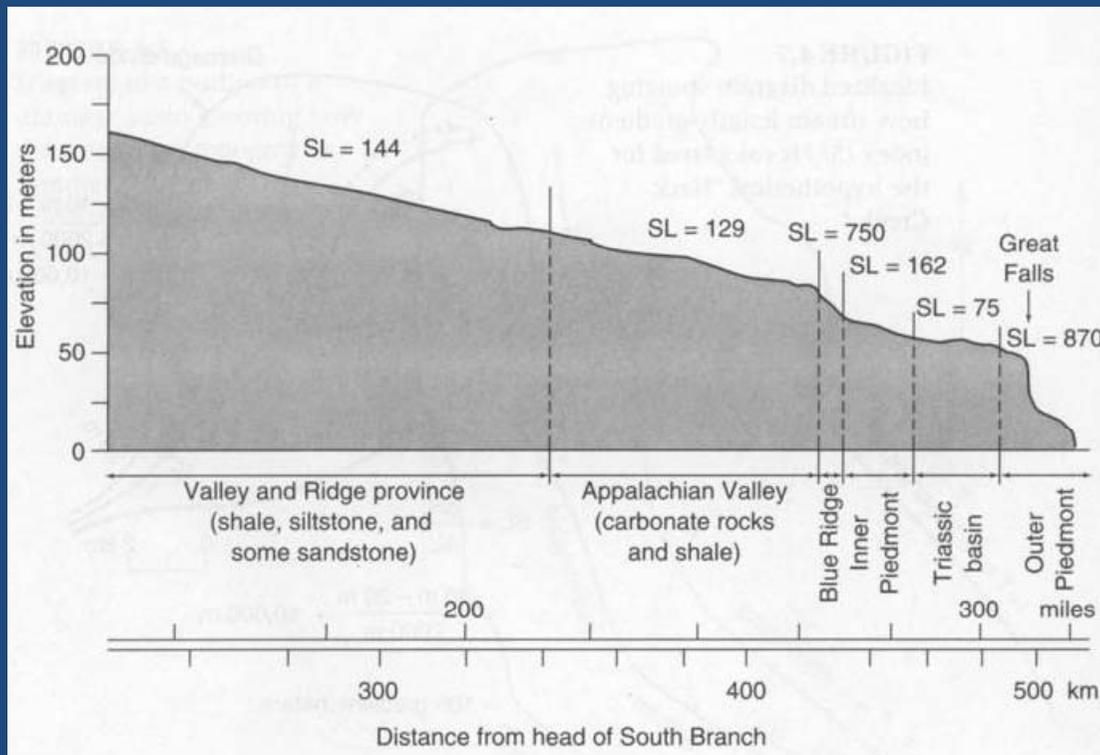
O índice extensão-gradiente do canal (índice SL) é calculado para um determinado segmento, e é definida pela seguinte relação:

$$SL = (\Delta H / \Delta L) * L$$

onde,

- **SL**= índice extensão-gradiente do canal; **($\Delta H/\Delta L$)**= inclinação do canal ou seu gradiente do segmento medido; **ΔH** = mudança na elevação do perfil do canal; **ΔL** = extensão do perfil do canal; **L**= extensão total do canal, a partir do ponto de interesse, onde o índice começa a ser calculado canal acima até o ponto mais alto.
- Estes parâmetros, em geral podem ser medidos em mapa topográfico.
- O índice **SL** é relativo à força do canal. A avaliação da força em um determinado segmento é uma variável hidrológica, devido estar relacionada à potencialidade de erosão do leito deste canal e de sua capacidade de transporte de sedimentos. O total de força do canal é proporcional à inclinação da superfície da água.
- O índice **SL** é muito sensível às trocas na inclinação do canal, e tal sensibilidade permite a avaliação da relação entre possível atividade tectônica, a resistência da rocha (reologia) e a topografia.

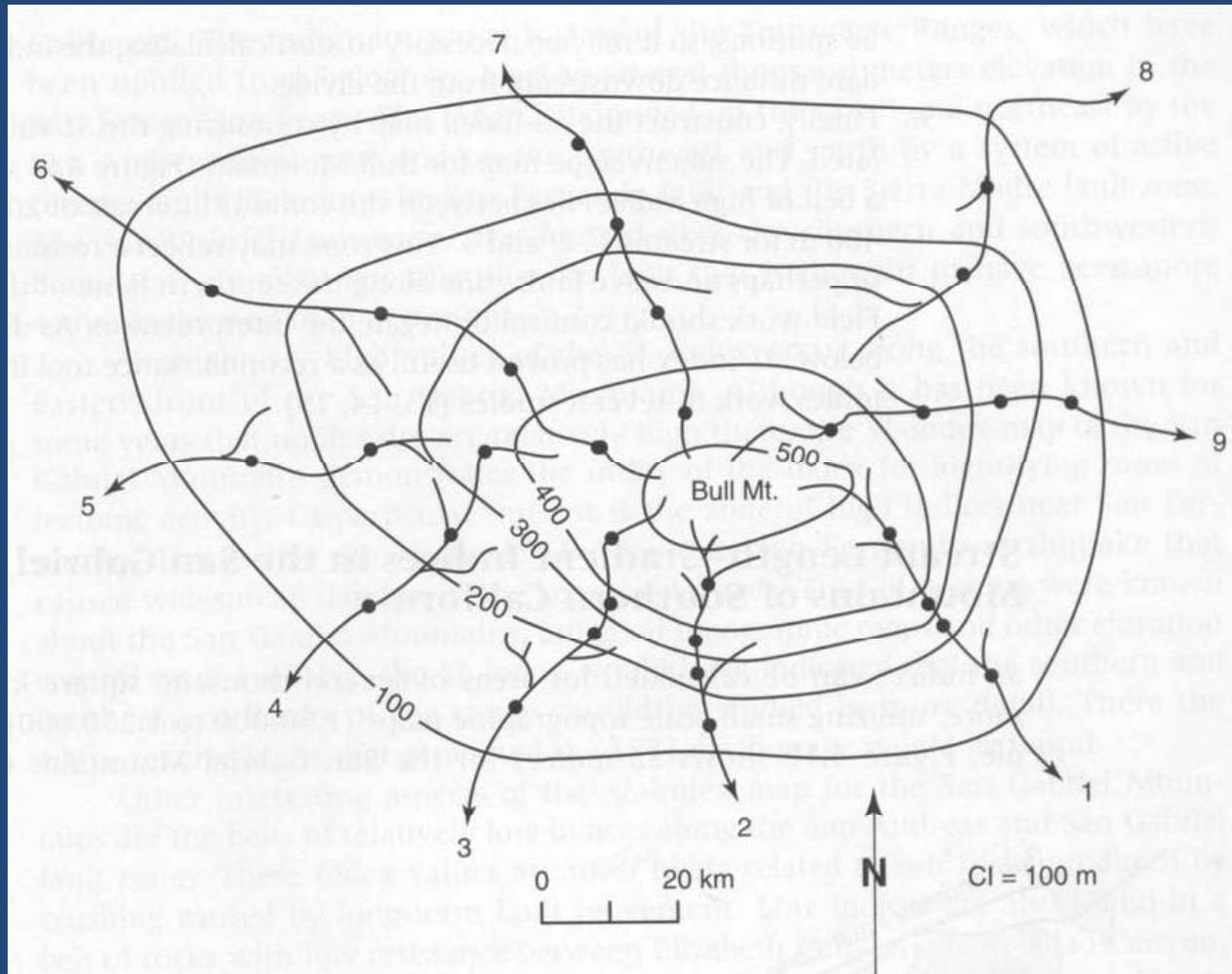
- Na evolução da paisagem, o ajuste de perfis de rios à resistência da rocha é geralmente rápido.
- O índice **SL** é usado para identificar atividade tectônica recente, quando os índices possuem valores anormalmente altos. Por outro lado, ao longo de vales lineares produzidos por falhas transcorrentes, baixos índices de **SL** são esperados devido às rochas nos vales estarem frequentemente trituradas pelo movimento da falha e, assim, os canais fluírem por estes vales que devem estar com menor mergulho.



Indicador **SL**, para o canal do rio Potomac em Washington (DC). Hack, 1973 (apud Hare e Gardner, 1985)

Um mapa de índices de **SL** pode ser produzido por meio dos seguintes passos:

- Como o método é válido para grandes áreas, o mapa base pode ter escalas de até 1:250.000. Usa-se um *overlay* transparente, traçando-se o canal dos rios e canais maiores até a linha de contorno onde não há forma de um V longo (subdivisão de canal) à montante.
- Seleciona-se um intervalo de contorno (pode ser de 100 em 100 m). Onde este contorno cruza os canais mapeados, marca-se o *overlay*.
- Gera-se um mapa de igual elevação entre os canais. Isto criará um mapa de igual nível de erosão, chamado de “mapa subenvoltório”.
- Ao longo de cada canal mede-se a distância de ΔL entre os sucessivos contornos ao longo do canal, bem como o total do comprimento do canal à montante. Os cálculos são simples porque o intervalo do contorno é constante, e portanto ΔH é constante. Calcula-se o índice SL para cada pequeno segmento de canal, e marca-se o valor do ponto médio entre os contornos no “mapa subenvoltório”.
- Se o valor de SL da porção mais longínqua de montante, próxima da divisão da drenagem for anômalo, será necessário iniciar o cálculo do índice em uma distância fixa a partir da jusante da divisão da drenagem.
- Finalmente constrói-se o mapa índice de SL pelo contorno dos valores calculados de SL.



Montanha hipotética, mostrando a confecção de mapa curvas de nível, as quais os canais encontram-se erodidos. Os pontos marcam os locais onde o SL deve ser calculado. (Fonte: Hare e Gardner, 1985)