

# NEOTECTÔNICA E MORFOTECTÔNICA

## Aula 8

### MÉTODOS DE ABORDAGEM PROF. EDUARDO SALAMUNI

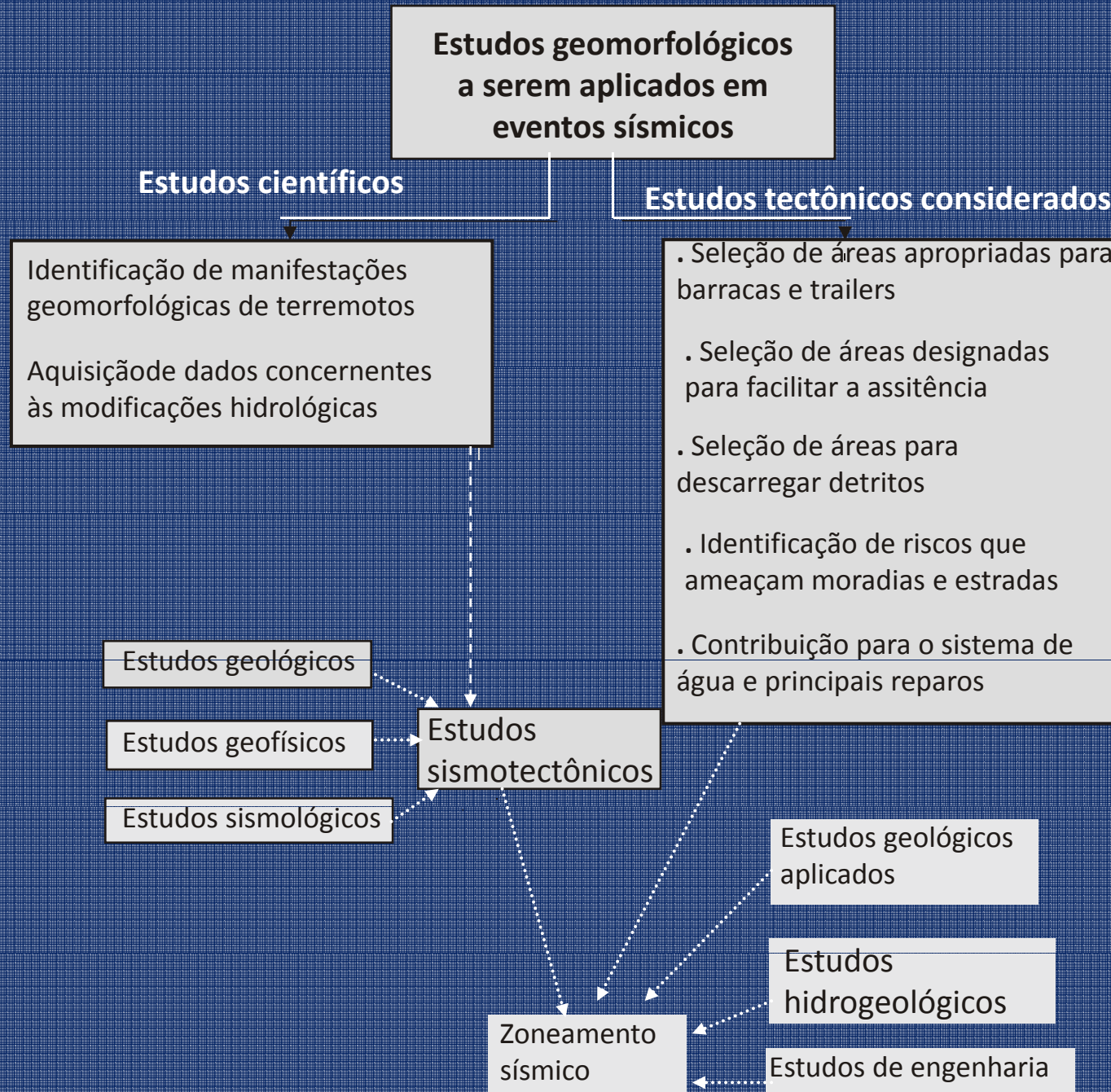
# MÉTODOS DE ESTUDOS NEOTECTÔNICOS

## Técnicas empregadas pelos diversos autores

- Bjomberg *et alli* (1965): topografia (através das rupturas de declive); rede de drenagem; variações das superfícies de aplainamento; falhas e fraturas.
- Trifronov (1989): morfologia; depósitos superficiais; correlação de eventos em diferentes regiões; deformações, deslocamentos e *stress*; análise das possíveis causas tectogênese; perfis longitudinais e transversais dos rios.
- Panizza *et alli* (1987): eventos sísmicos; estudos em áreas montanhosas e em planícies.

- Vita-Finzi (1988): associação entre geologia e geomorfologia. Deve-se na medida do possível considerar fatos *históricos, físicos, químicos, geográficos e arqueológicos*. Como materiais, empregar imagens de satélites, fotos aéreas, mapas morfométricos, mapas geofísicos, gravimétricos, magnetométricos e sismológicos; e como método, traçar a densidade de drenagem, verificar o gradiente hidráulico e a topografia..
- Hancock (1988 e 1994): estudos de feições geológicas e geomorfológicas, utilizando datação do deslocamento de rochas, disposição do relevo e do nível de ocupação humana. Lugares ideais: onde elementos radiométricos, paleontológicos ou arqueológicos podem ser datados em diferentes níveis de qualidade e de quantidade.

# Pesquisas neotectônicas aplicadas em estudos geomorfológicos



## MÉTODOS DE CARÁTER INTERDISCIPLINAR

|                             | LOCAL   | REGIONAL  |
|-----------------------------|---|---|
| <b>Geodésicos</b>           | Controle da inclinação por triangulação, calibre da deformação, aferição de rastejamentos | Sistema de posicionamento global, interferômetro de linhas de base muito longas, rastreamento a laser de satélite |
| <b>Sismológico</b>          | Rede de microterremotos   | Rede de dados sismológicos globais  |
| <b>Sensoriamento Remoto</b> | Fotografia aéreas   | Imagiamento termal, de radar e digital  |
| <b>Geofísicos</b>           | Eletromagnetismo  | Reflexão sísmica, anomalias de gravidade  |
| <b>Geoquímicos</b>          | Resistividade elétrica, descarga radon  | Monitoramento hidrológico   |
| <b>Históricos</b>           | Relato de testemunhas oculares, evidências documentadas                                   | Mapas   |
| <b>Arqueológicos</b>        | Registros de estruturas feitas pelos homens   | Catálogos de terremotos pré-históricos, anomalias nas camadas arqueológicas                                       |
| <b>Geomórficos</b>          | Relevos gerados por falhas  | Índices morfométricos, padrões de drenagem  |
| <b>Geológicos</b>           | Fossas  | Análise de paleo-stress   |

Mod. Stewart e Hancock (1994)

# MÉTODOS DE DATAÇÃO

Table 11-1 Some Important Neotectonic Dating Methods

| Numerical Methods  | Most useful age range (yr)                              |
|--|---|
| <b>Annual</b>  |   |
| 1. Historical records  | 0-3000  |
| 2. Dendochronology   | 0-3000  |
| 3. Varves  | 0-10,000  |
| <b>Radiogenic</b>  |   |
| 1. Carbon 14   | 0-50,000  |
| 2. Uranium series (based on decay of intermediate daughter products)   | 2000-200,000  |
| 3. Potassium-argon   | 10,000-1,000,000  |
| 4. Fission Track   | 10,000-1,000,000  |
| 5. Thermoluminescence  | 1000-1,000,000  |
| 6. Cosmogenic isotopes other than $^{14}\text{C}$ ( $^{10}\text{Be}$ , $^{36}\text{Cl}$ , $^{26}\text{Al}$ , etc.) | Variable  |
| <b>Relative</b>  |   |
| <b>Chemical or biological changes</b>  |   |
| 1. Amino-acid racemization   | 100-500,000   |
| 2. Obsidian hydration  | 100-500,000   |
| 3. Tephra hydration  | 1000-1,000,000  |
| 4. Lichenometry  | 100-1000  |
| 5. Soil development  | 1000-1,000,000  |
| 6. Rock and mineral weathering   | 1000-500,000  |
| 7. Progressive landform modification   | 5000-100,000  |
| 8. Rate of deposition  | Variable  |
| 9. Geomorphic incision rate  | Variable  |
| 10. Rate of deformation  | Variable  |
| <b>Correlation</b>   |   |
| 1. Tephrochronology  | } Depends on age of feature and accuracy of recognition |
| 2. Paleomagnetism  |   |
| 3. Stratigraphy  |   |
| 4. Fossils and artifacts   |   |
| 5. Stable isotopes   |   |
| 6. Tektites and microtektites  |   |

# MÉTODOS COM EMPREGO DE DADOS GEOFÍSICOS E GEOLÓGICOS

## Determinação de orientação de eixo de stress contemporâneos e ou magnitudes

### Geofísicos/Geodésicos

Mecanismo focal de terremotos, dados de *breakout*, fraturamento hidráulico, testes *in situ* de medidas de *stress*, pesquisas geodésicas baseadas em satélites ou no terreno

### Geológico/Geomorfológico

- Atitudes de falhas quaternárias sobre a qual a orientação e o sentido do vetor de deslocamento é conhecido, a partir de: i) estrias ou outras lineações; ii) deslocamento do marcador geológico, iii) orientações de relevo;
- Trend axial de dobras anteriormente ativas ou falhas cegas
- Alinhamentos de estruturas vulcânicas (ativas e inativas), fissuras e diques;
- Alinhamento de fissuras e “cristas” em depósitos travertinos quaternários;
- Atitude de juntas neotectônicas formadas em crosta rasa;
- Alongamento e *off sets* de eixos de depressões;

## Determinação de orientação de eixo de stress e ou magnitudes

- Falhas e zonas de fraturas nas quais é conhecida a orientação e o vetor de deslocamento de uma ou mais: i) lineação; ii) offset de marcadores geológicos; iii) arranjo de fraturas/quebras *en échelon* ou veios dentro de zonas de cisalhamento;
- Alinhamento de diques em enxames;
- sets grosseiramente contemporâneos de veios estilolíticos (sin) e outros veios;
- Sistemas de juntas de extensão paralela ou ortogonais ou sistemas de juntas conjugadas



# Roteiro de método (Gallardo, 1988)

## Processamento analítico

Imagens de radar 1:250.000  
Fotografias aéreas 1:70.000

Trama densa de lineamentos morfológicos

## Processamento mecânico

Análise hidrológica

Esquema de deformações das bacias hidrográficas

Análise topográfica

Carta topográfica suavizada

## Observação direta

Levantamento geológico e estrutural

Esquema estrutura regional

Análise microtectônica

Campos de esforços: direção de  
extensão e compressão

Falhas ativas

Zoneamento tectônico

## Reunião de dados

Mapas neotectônicos

Estatística da sismicidade

Zoneamento sísmico

Zoneamento sismotectônico

## DEFORMAÇÃO NO HOLOCENO: RESPOSTAS NAS PAISAGENS E O PROBLEMA NEOTECTÔNICO

- Registros paleosísmicos podem estar presentes em formações holocênicas, ou então marcadas na paisagem. As principais informações estão contidas em zonas de falha ou então em regiões imediatamente adjacentes às mesmas.
- Deformações atribuídas a eventos paleosísmicos podem localizar-se longe da zona de falha. Há propagação da resposta geomórfica para outras partes afetando a paisagem de forma mais extensiva. Mudanças em vertentes, nas formas das drenagens, em seus padrões e nos interflúvios, bem como alterações nas paisagens em função de agradação de rios maiores, podem ser resultado de deformação recente.
- Um método de análise sobre isto foca os *fronts* de montanhas.

## SINUOSIDADE DO FRONT DA MONTANHA

- A quantificação pela sinuosidade pelo *front* da montanha é definida como:

$$S_{mf} = L_{mf} / L_s$$

- onde,

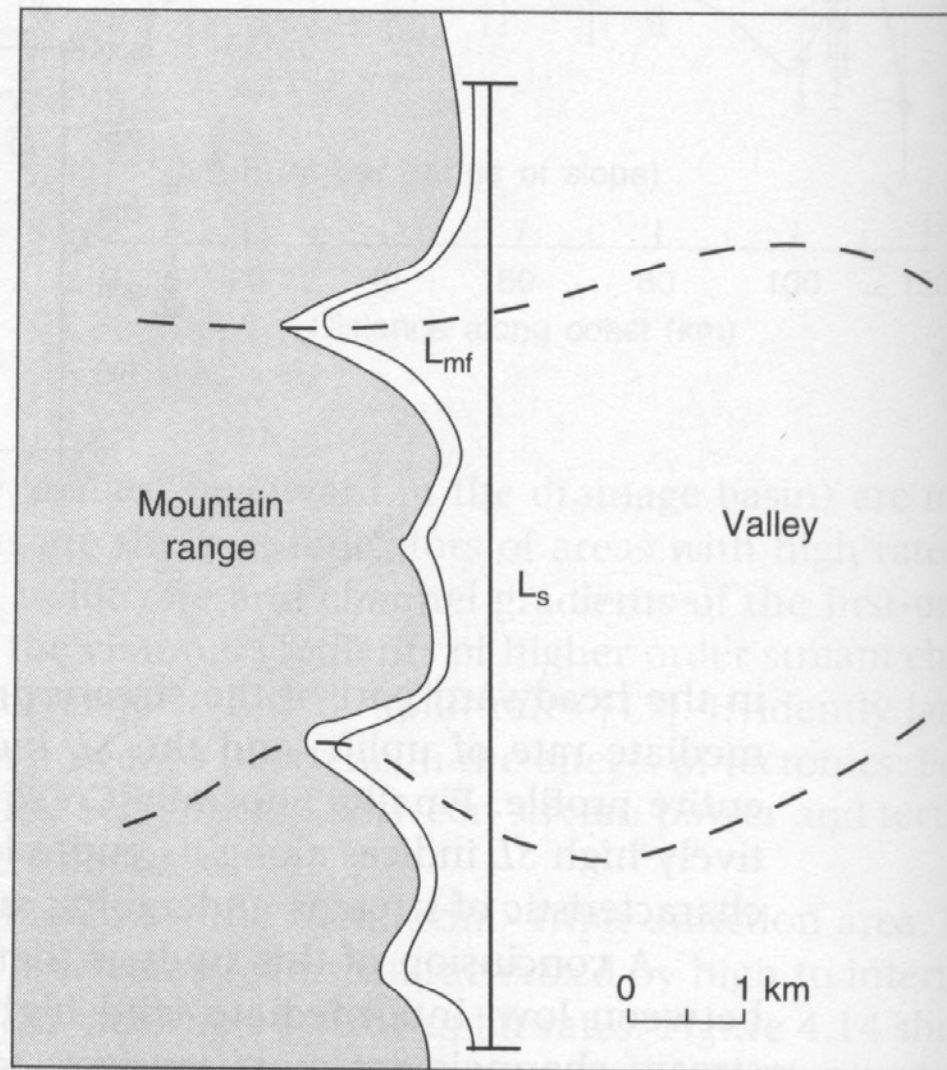
**$S_{mf}$  = sinuosidade do front da montanha**

**$L_{mf}$  = é a extensão do front ao longo do pé da montanha (seguindo seu contorno)**

**$L_s$  = indica a extensão do front em linha reta, ao longo da sua escarpa**

- Este índice reflete o balanço entre a força erosional que tende a gerar vales que seccionam o front da montanha (gerando embainhamento ao penetrar montanha adentro) e as forças tectônicas que tendem a produzir front de montanha retilíneo, coincidente com uma falha limitadora da escarpa, por exemplo.

- *Fronts* de montanhas associados a tectônica ativa e soerguimentos recentes são relativamente retilíneos, com baixos valores de  $S_{mf}$ .
- Os valores de  $S_{mf}$  podem ser calculados facilmente a partir de mapas topográficos ou fotografias aéreas. Contudo, valores de  $S_{mf}$  dependem da escala da imagem e mapas topográfico em pequenas escalas (1:250.000) produzem somente uma estimativa grosseira da sinuosidade do *front* da montanha. Fotografias aéreas e mapas com escalas maiores, com resolução maior que a irregularidade do *front* da montanha, são mais úteis para o cálculo de  $S_{mf}$ .
- Para efeitos de interpretação, valores próximos de 1 significam que a porção frontal da montanha é bem recente no contexto da história da evolução morfoestrutural da área.
- Valores acima ou muito acima de 1 significam que a dissecação daquele *front* (ou da escarpa) está bastante evoluída e, portanto, tem uma história morfoestrutural antiga no local



Mountain front sinuosity

$$= S_{mf} \frac{L_{mf}}{L_s} = \frac{10.5 \text{ km}}{8.5 \text{ km}} = 1.2$$

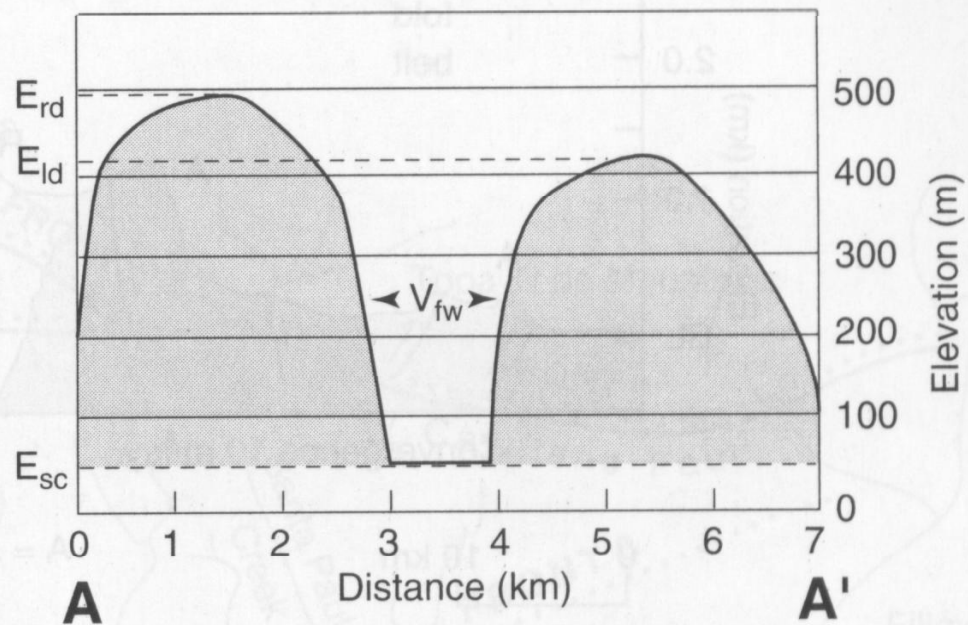
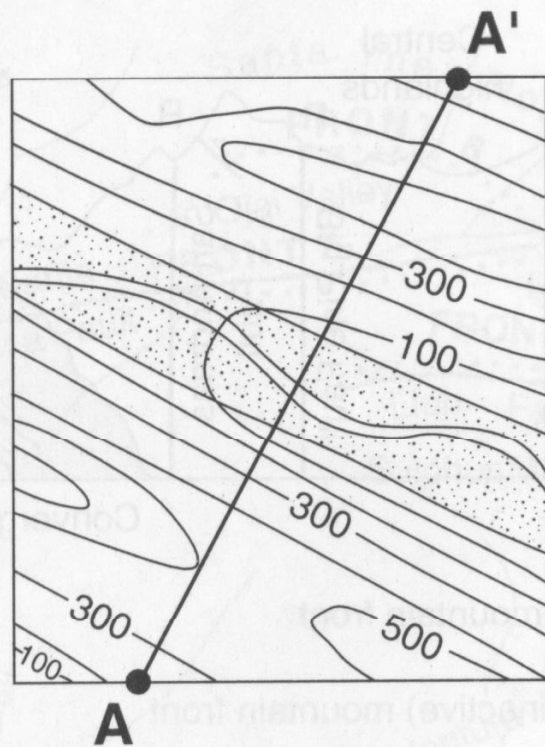
## Razão “Largura da Base por Altura” do vale

- A razão largura da base por altura do vale ( $V_f$ ) pode ser expressa por:

$$V_f = 2V_{fw} / [(E_{ld} - E_{sc}) + (E_{rd} - E_{sc})]$$

Onde,

- $V_f$  = razão largura da base por altura;
  - $V_{fw}$  = é a largura da base do vale;
  - $E_{ld}$  e  $E_{rd}$  = elevações da divisas esquerdas e direitas do vale;
  - $E_{sc}$  = é a altitude da base do vale
- 
- Para o cálculo de  $V_f$ , os parâmetros são medidos no conjunto do *front* da montanha para todo o vale estudado.
  - O índice diferencia os *canyons* espraçados, com valores relativamente altos de  $V_f$  e canais encaixados, bastante profundos e ativamente incisivos, com valores mais baixos. Altos valores de  $V_f$  são associados a baixas taxas de levantamento.



CI = 100 m

0 1 km



Ratio of valley floor width to valley height

$$= V_f = \frac{2V_{fw}}{(E_{ld} - E_{sc}) + (E_{rd} - E_{sc})} = \frac{2000 \text{ m}}{(425 \text{ m} - 50 \text{ m}) + (500 \text{ m} - 50 \text{ m})} = 2.4$$

**FIGURE 4.17**

Idealized diagram illustrating how the ratio of valley-floor width to valley height ( $V_f$ ) is calculated. Note: Left and right is determined by looking downstream.

## ***Fronts* reliquiares de montanhas**

- Sinuosidade e a razão “largura por altura” ( $V_f$ ) do vale, estabelecem uma maior atividade de alguns *fronts* do que em outros. Antigos *fronts* de montanhas, localizados dentro de cadeias, comumente não são ativos há bastante tempo.
- Hipoteticamente, *fronts* de montanha formados nos momentos iniciais da cadeia, são ativos durante um certo período de tempo, então a deformação “migra” pela cadeia e novos *fronts* são formados. (Em muitos orógenos há uma cadeia central com um número inativos de *fronts*, os quais estão ladeados por cinturões de dobramento e cavalgamento ainda ativos).
- Fronts reliquiares tiveram a mesma morfologia básica como têm os fronts ainda ativos. Canais que emergem dos fronts, comumente supriam uma série de fans aluvionais na margem da cadeia. No momento do deslocamento das zonas ativas, os antigos fans foram, em parte ou no todo, consumidos, pelo processo orogênico. No desenvolvimento de novos fronts, as próprias cadeias “consomem” seus próprios fans.



# CLASSIFICAÇÃO DA ATIVIDADE TECTÔNICA RELATIVA

- Os índices descritos acima fornecem, individualmente, uma classificação relativa da atividade tectônica, utilizada em estudos de reconhecimento. Quando vários índices são aplicados a uma região particular, os resultados são mais significativos.

(Este conceito foi testado para avaliação de *fronts* de montanhas em orógenos (p. exemplo, no flanco central da Bacia de Ventura na Califórnia, segundo Keller e Pinter, 1996).

- Quando há a combinação de todas as informações dos *fronts* da montanha, tais como o  $S_{mf}$  e o  $V_f$ , adicionados ao  $SL$ , é possível produzir uma designação relativa de classes da tectônica ativa.
- *Fronts* de montanha que apresentam sugestivamente as maiores atividades tectônicas são designadas como de **Fronts de Classe 1**. Estes fronts tipicamente têm baixos valores de  $S_{mf}$ , baixos valores de  $V_f$  e índices  $SL$  (gradiente da extensão do canal) altos. A **Classe 2** dos fronts de montanha estão associados com atividade tectônica menor, refletindo os valores altos de  $S_{mf}$  e de  $V_f$ , e baixos de  $SL$ . A **Classe 3** ainda está associada com a tectônica ativa, porém o índices geomórficos sugerem menos atividade que a Classe 2 de fronts.

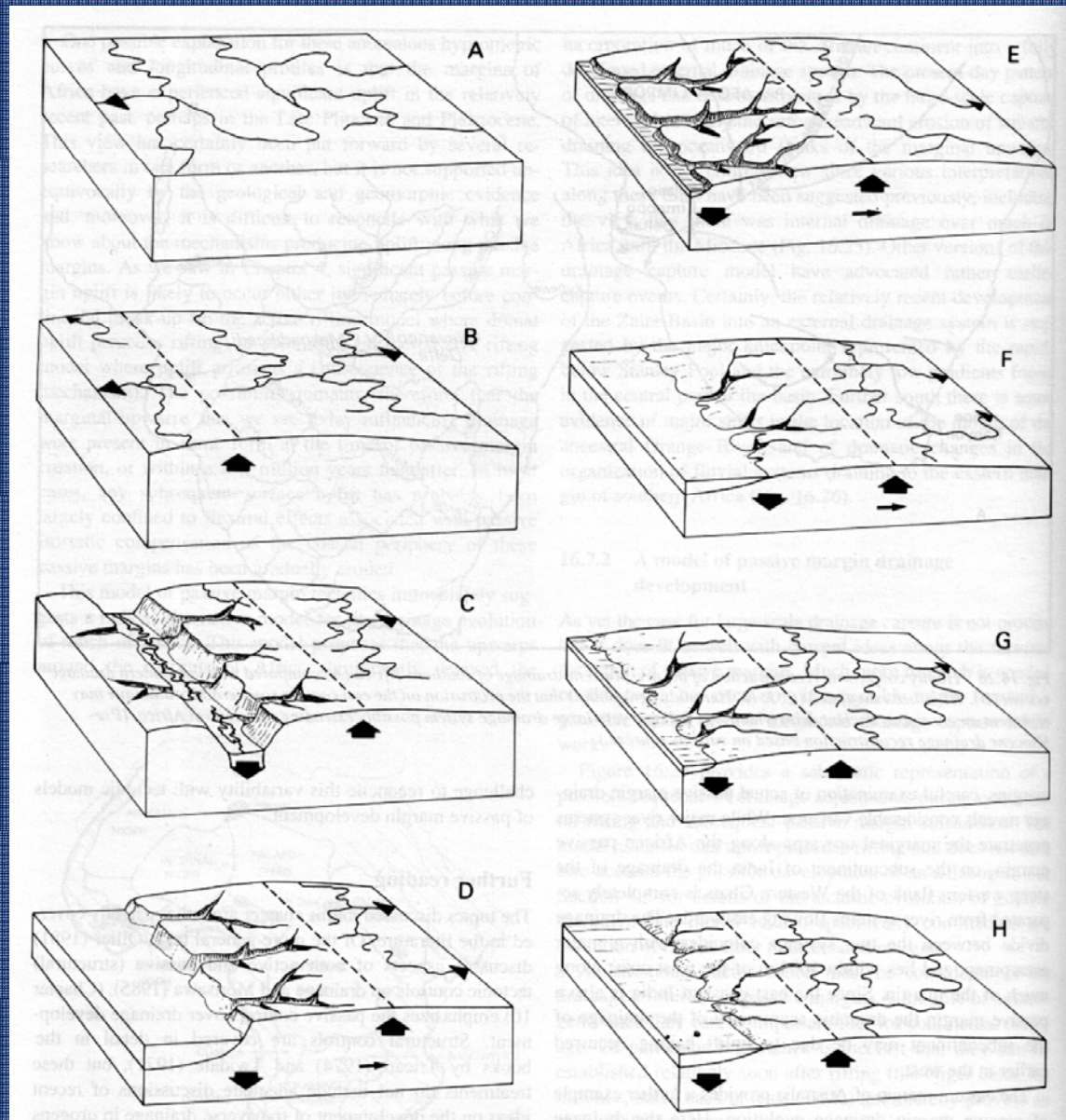
- A tentativa da classificação de fronts de montanha em termos de uma tectônica ativa é um esforço válido. A classificação dos limites entre as Classes 1, 2 e 3 são arbitrárias e somente indicam diferenças relativas.
- Não se deve especificar valores para índices geomórficos, devido estes índices apenas refletirem condições muito localizadas do tipo de rocha envolvido, bem como da estrutura e do clima (que inclusive controla a disponibilidade de água local).
- Sua real utilidade é a diferenciação entre fronts de montanha muito ativos (no sentido de sua movimentação/deformação), moderadamente ativos e dos inativos. Esta informação é válida em áreas onde estudos de campo detalhados não foram realizados.

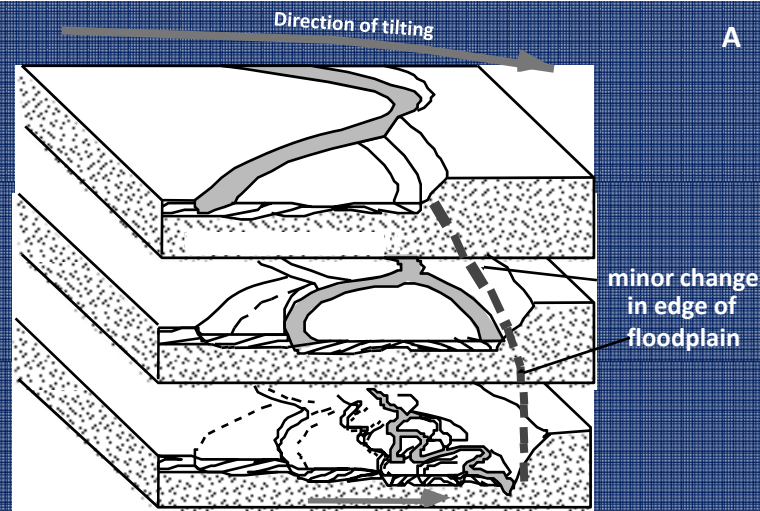
# ANÁLISE DA DRENAGEM E SEUS ELEMENTOS GEOMÓRFICOS ASSOCIADOS

- Como exemplo de mudanças devido a eventos tectônicos, mesmo que fracos, em uma área qualquer, havendo incremento de ângulo de  $1^\circ$  na porção à montante do rio de médio ou de grande porte, há incremento da força de descarga da água, provocando erosão das vertentes e em seu nível de base.

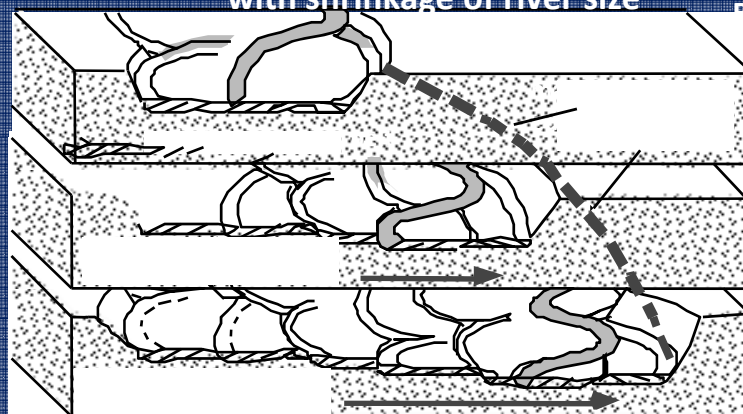


- Assim, a reconstrução gráfica de perfis geomórficos é um método eficaz para o entendimento da evolução da paisagem

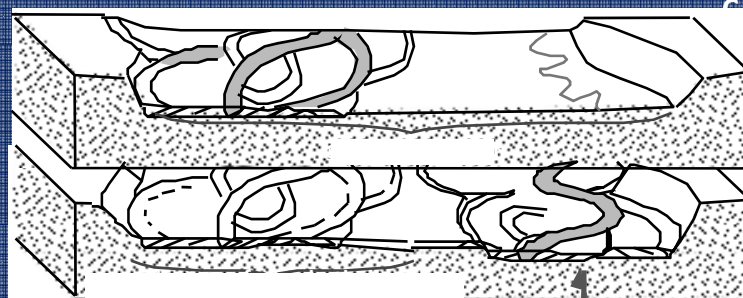




**A**  
 progressive migration due to tilting  
 with shrinkage of river size



**B**  
 initial meander belt



**C**  
 avulsion to new meander belt

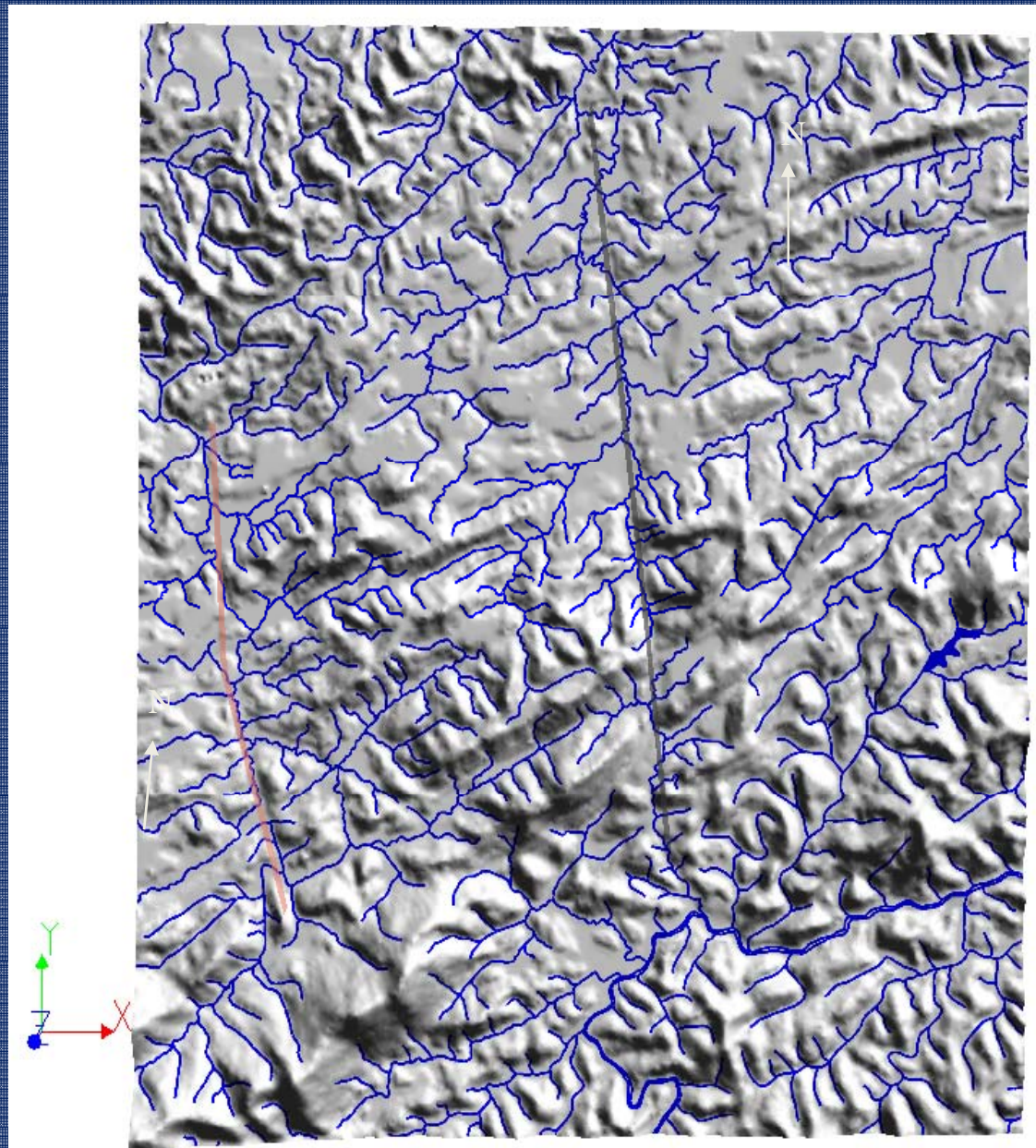
Modelos de respostas de rios meandранtes em função da inclinação da planície aluvional devem ser analisados via perfil geomórfico

**A** – inclinação constante com redução do tamanho do rio

**B** – inclinação constante e migração

**C** – abrupta inclinação e avulsão através da planície aluvional

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.



Traçado da drenagem sobre MDE, buscando a definição do padrão de drenagem e, conseqüentemente, a definição de sistemas geomorfológicos homólogos

Fonte: A. Gontijo (1999)

# Estudo de formas de canais e padrões de drenagem

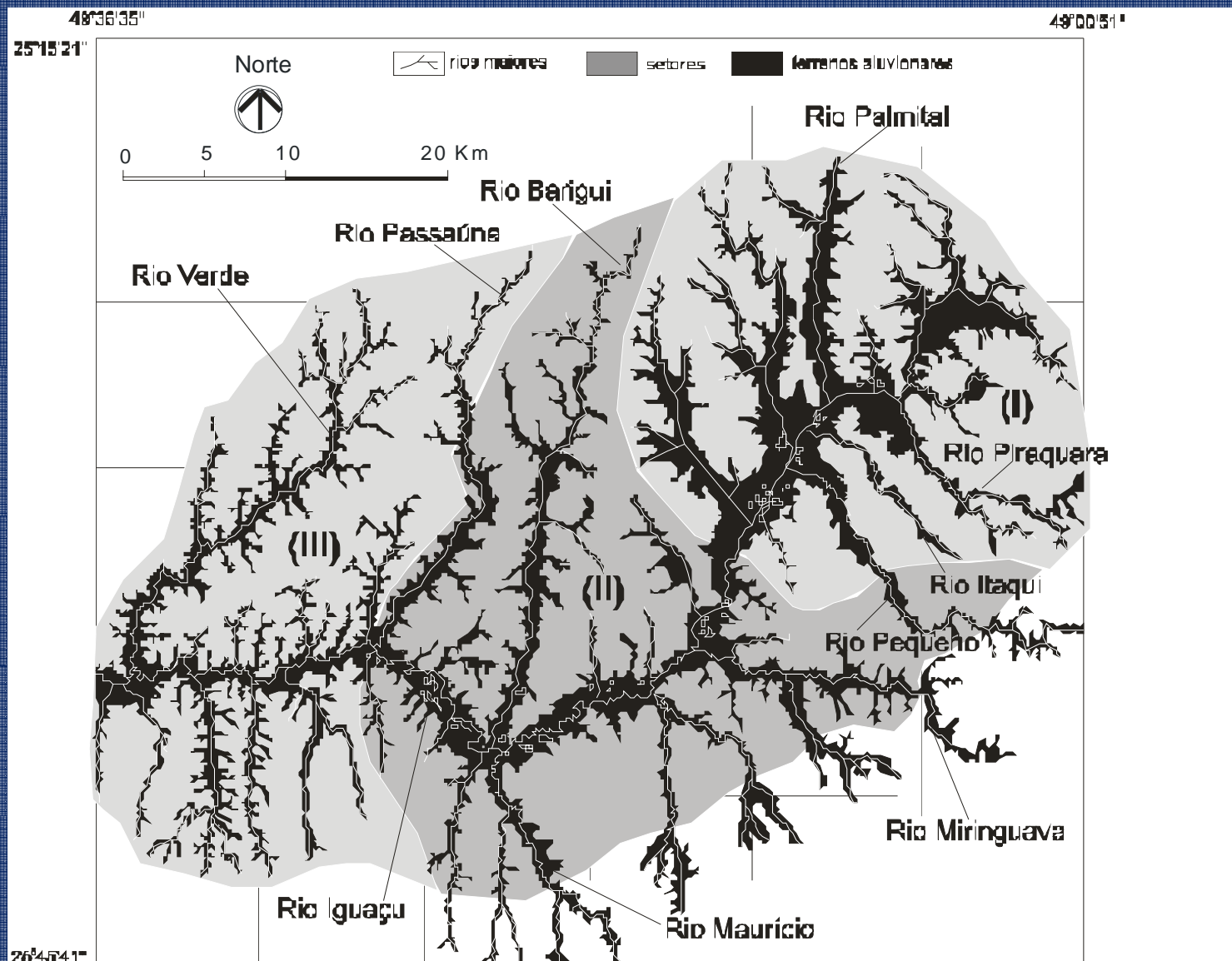
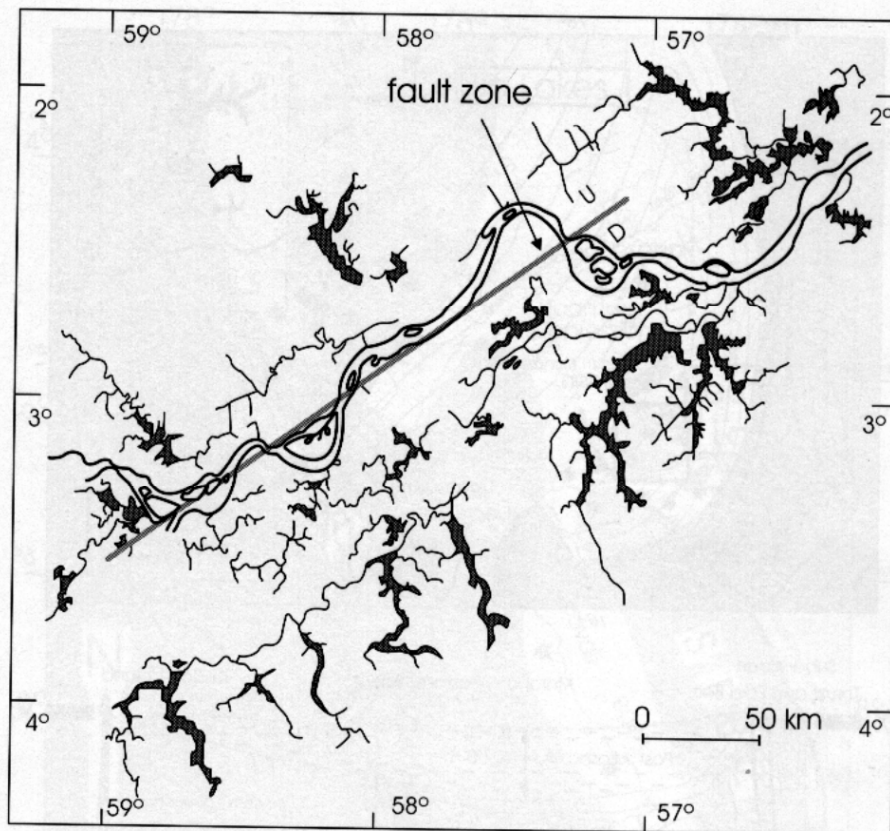
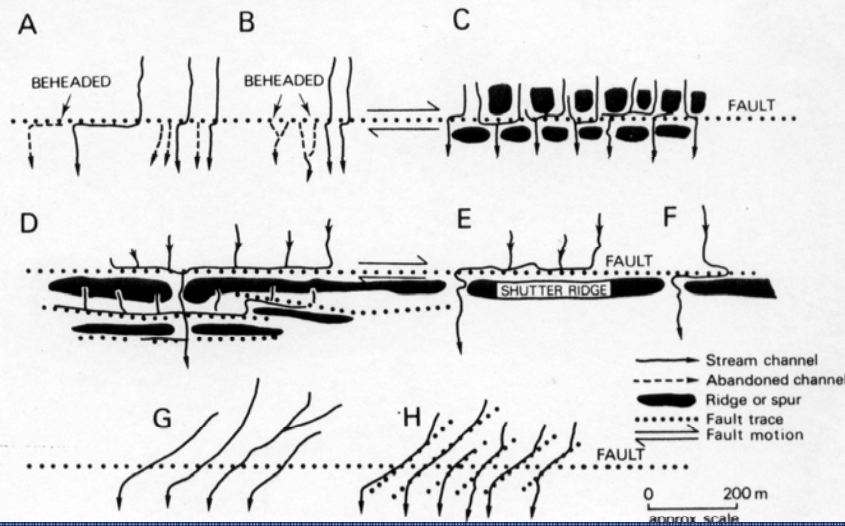


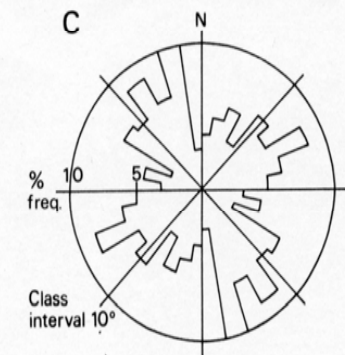
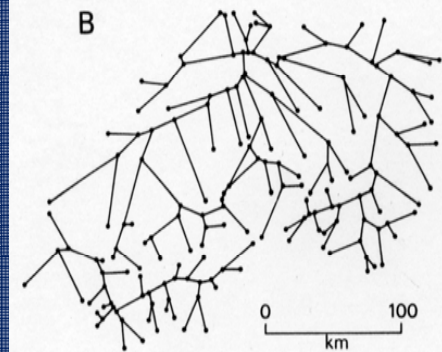
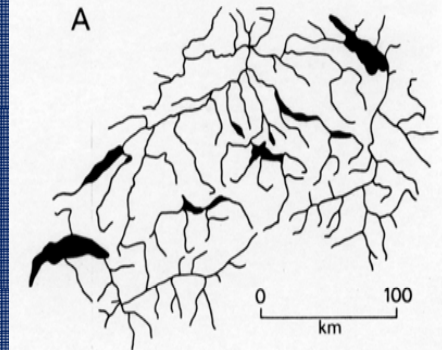
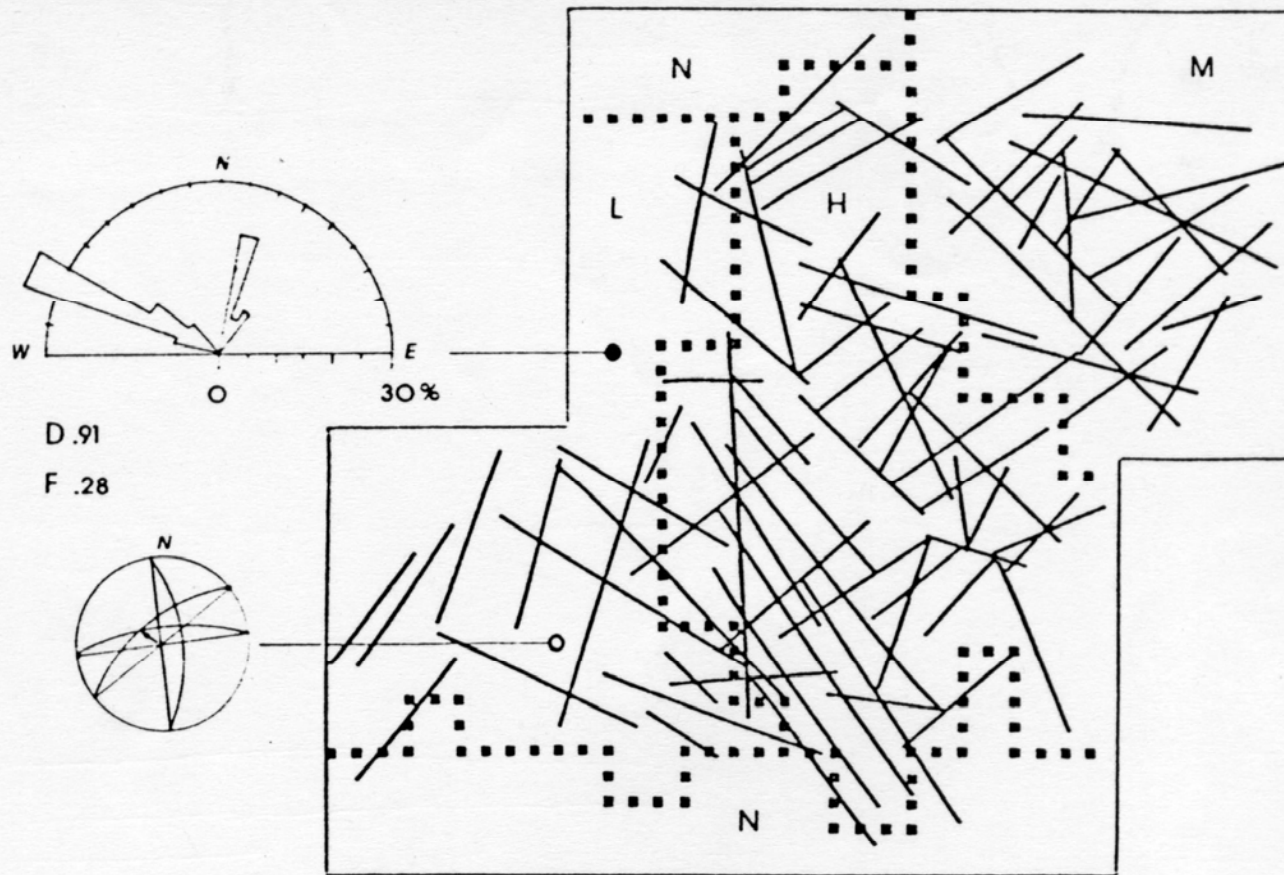
Figura 8: Setores com diferentes formas do canal do alto rio Iguaçu: (I) forma retilínea; (II) forma meandrante; (II) forma mista meandrante-retilínea



Traçado da drenagem para a determinação de anomalias é um dos métodos mais utilizados para a determinação de possíveis movimentações tectônicas atuais ou neotectônicas

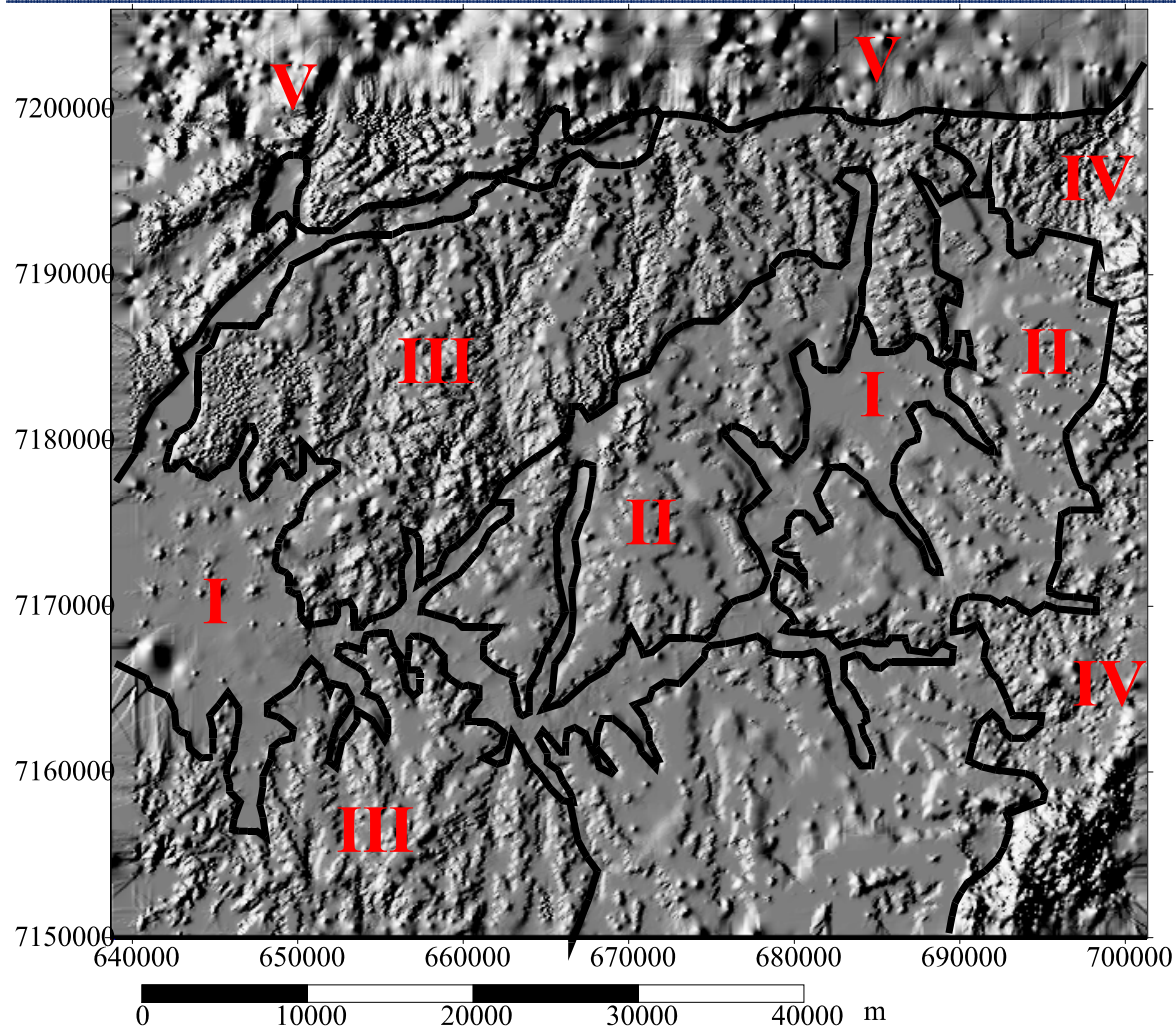


# Construção de diagrama de rosetas com alinhamento de drenagens retificadas



## MODELOS DIGITAIS DE ELEVAÇÃO (MDE)

- A utilização desta ferramenta é fundamental para que haja uma visualização realística da área, sem contudo prescindir da fotointerpretação.
- Há facilidades nos programas utilizados para análise de imagens de transformar cenas 2D em cenas 3D, pelo menos no que tange à superfície do terreno.
- O MDEs auxiliam no traçado de alinhamentos estruturais, lineações de relevo, e ajustes no traçado da rede de drenagem, bem como ajustes da fotointerpretação.

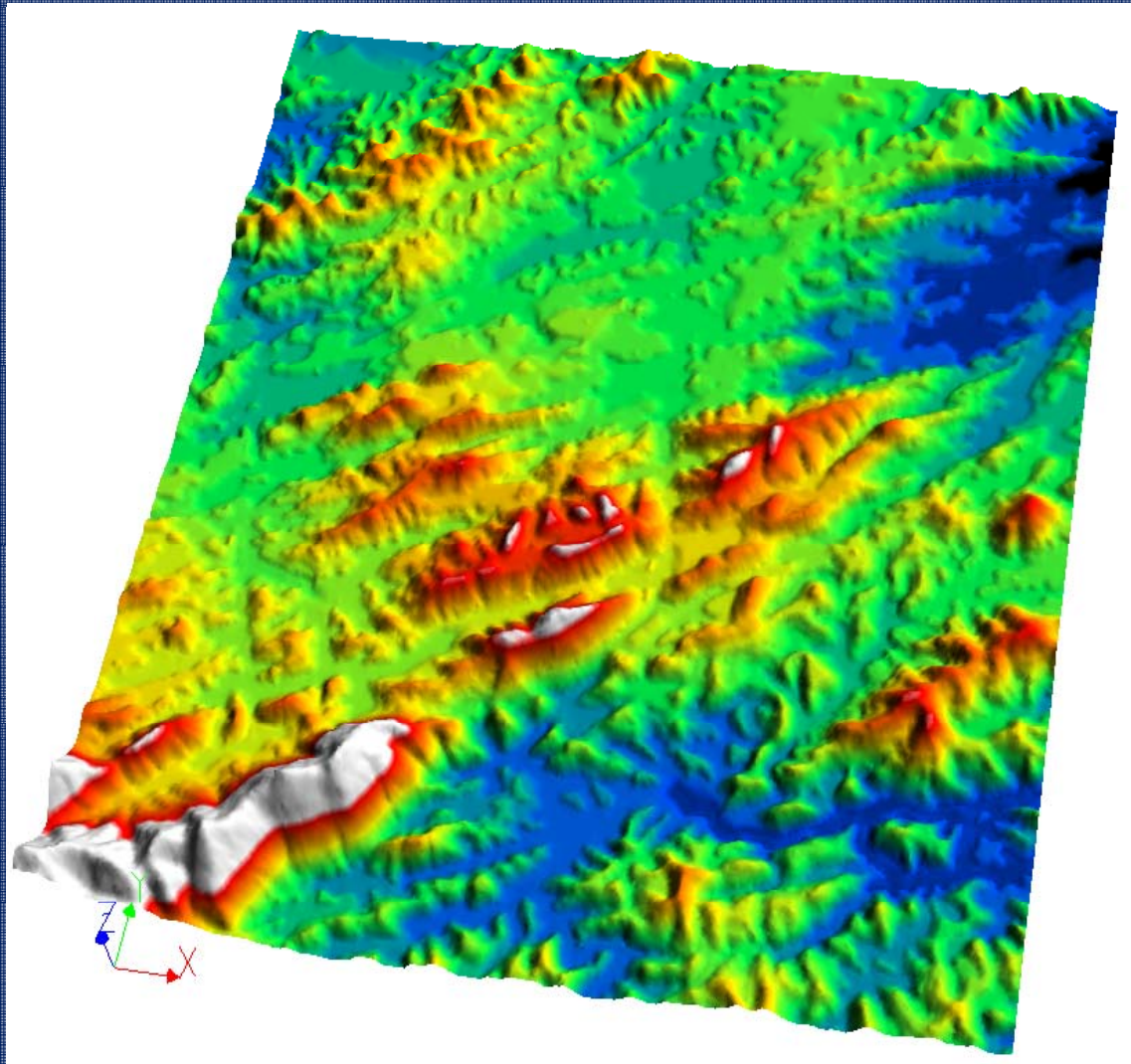


### SISTEMAS GEOMORFOLÓGICOS

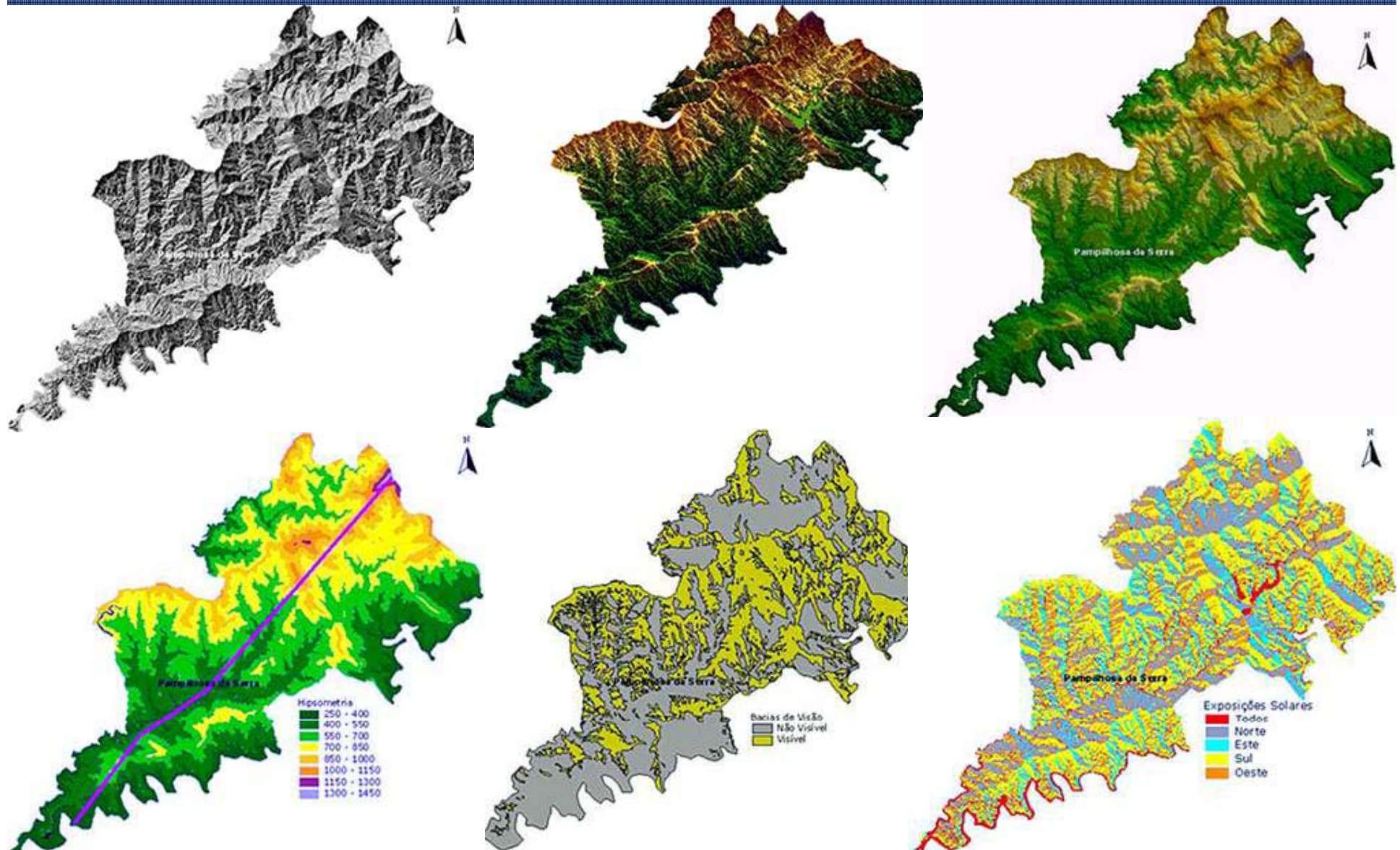
- I** Sistema de planícies aluvionais ou terrenos aluvionais (fundos de vale)
- II** Sistema de colinas (unidades de topo alongado - Fm. Guabirota e embas.)
- III** Sistema de colinas (unidades de topo plano - embasamento e Fm. Guabirota)
- IV** Sistema de montanhas marginais (Serra do Mar)
- V** Sistema de morros de topografia mais ou menos íngremes (Grupo Açungui)

Classificação  
morfoestrutural  
por interpretação  
de modelo digital  
de elevação

Modelos digitais de elevação associados com a hipsometria fornecem uma ótima qualidade visual para a localização de áreas de dissecação e aplanamento, além de definir eventuais antigas e atuais superfícies de erosão.

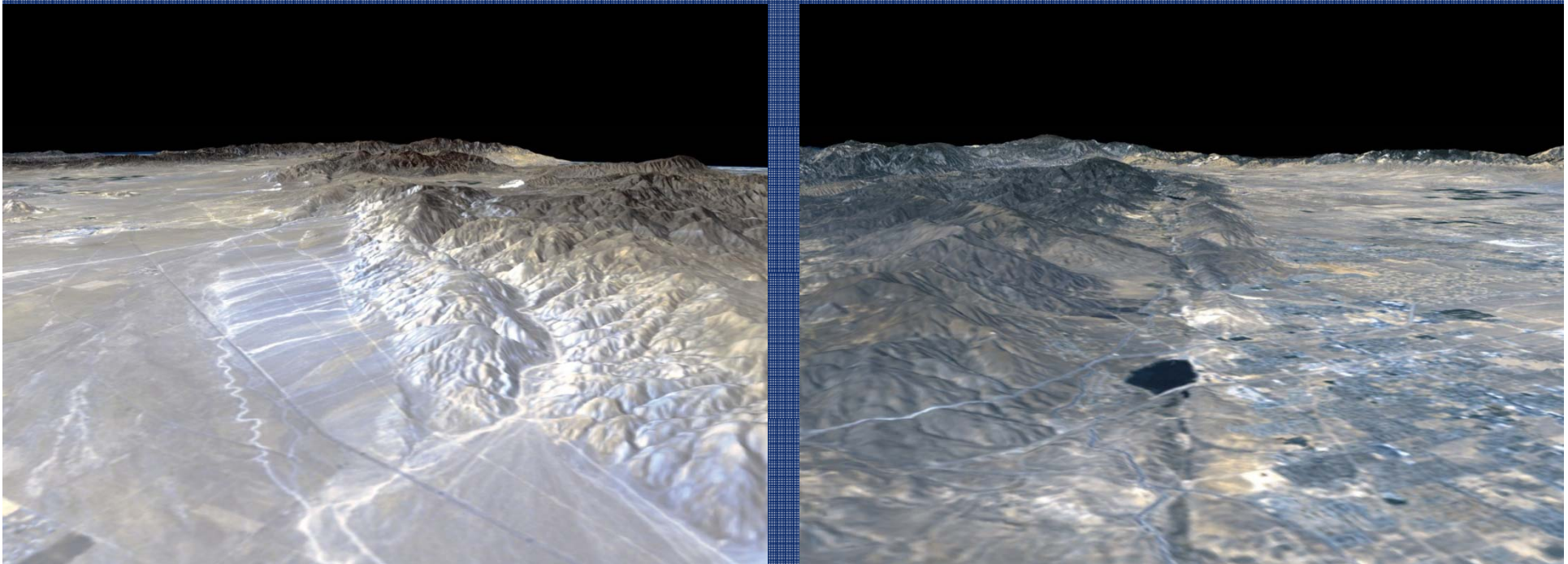


Ensaio de temas em imagens e modelos digitais de elevação de uma região são feitos para a visualização de perspectivas geomorfológicas no que tange a relevo e morfoestruturas.



Visualização de morfologia virtual: SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) apresenta qualidade bastante aceitável como ferramenta no que diz respeito à sua utilização para a interpretação morfoestrutural do terreno.

A resolução disponível gratuitamente é de 90 m, mas a interpolação realizada em programas de geoprocessamento de imagens como o ENVI, por exemplo, podem melhorar a tal ponto de aproximar a resolução a 30 metros.



Após o tratamento da imagem, facilmente podem ser traçados os alinhamentos que serão úteis e necessários à interpretação morfoestrutural local. A possibilidade de se determinar a ocorrência de eventos neotectônicos se dá na medida que outros elementos de interpretação geológica são acrescentados à fotointerpretação e/ou interpretação da imagem.

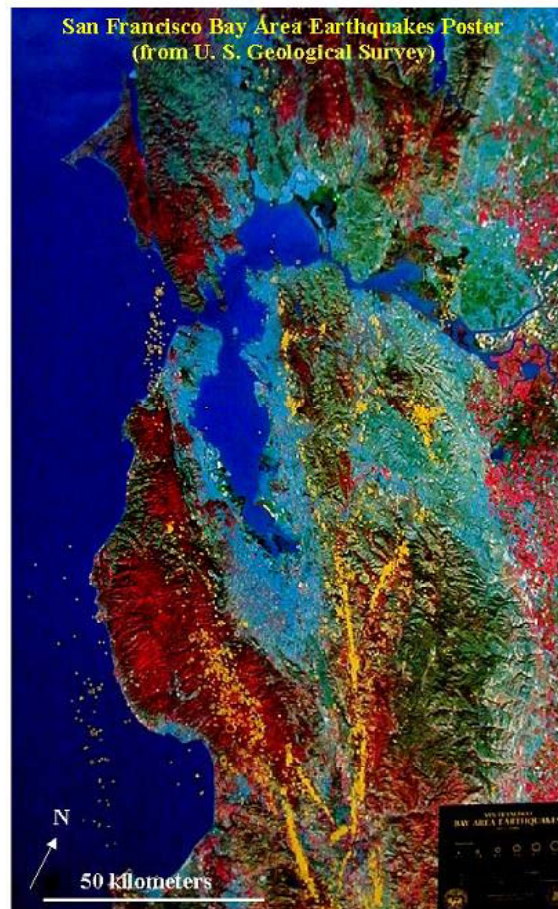
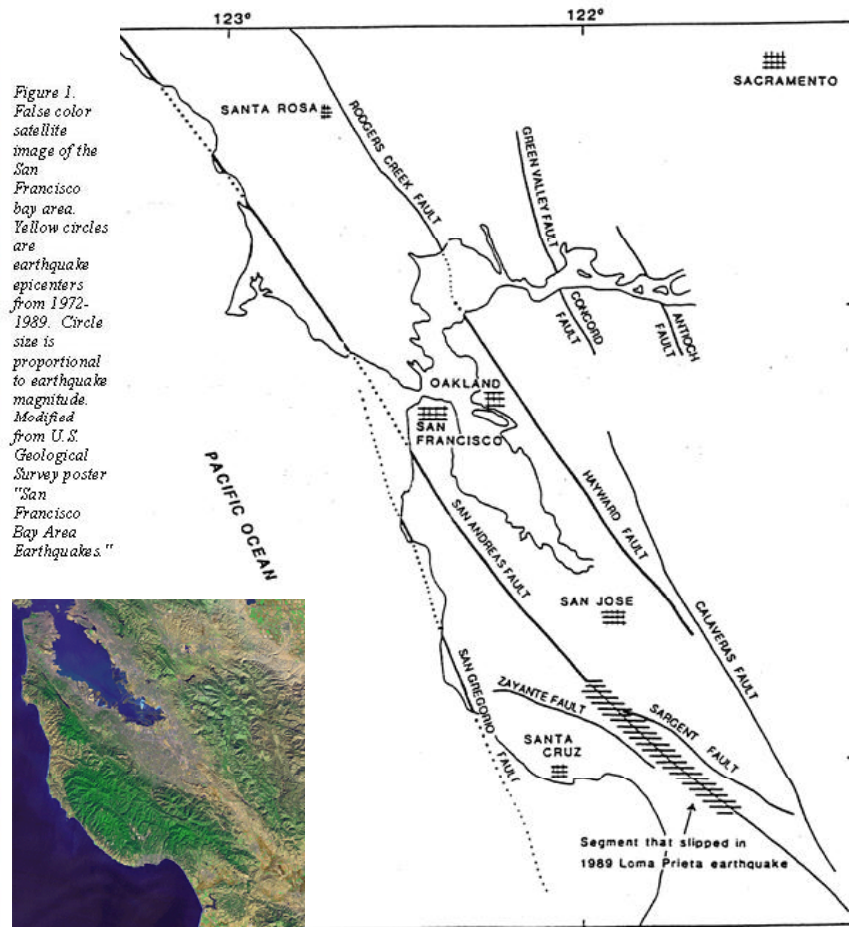
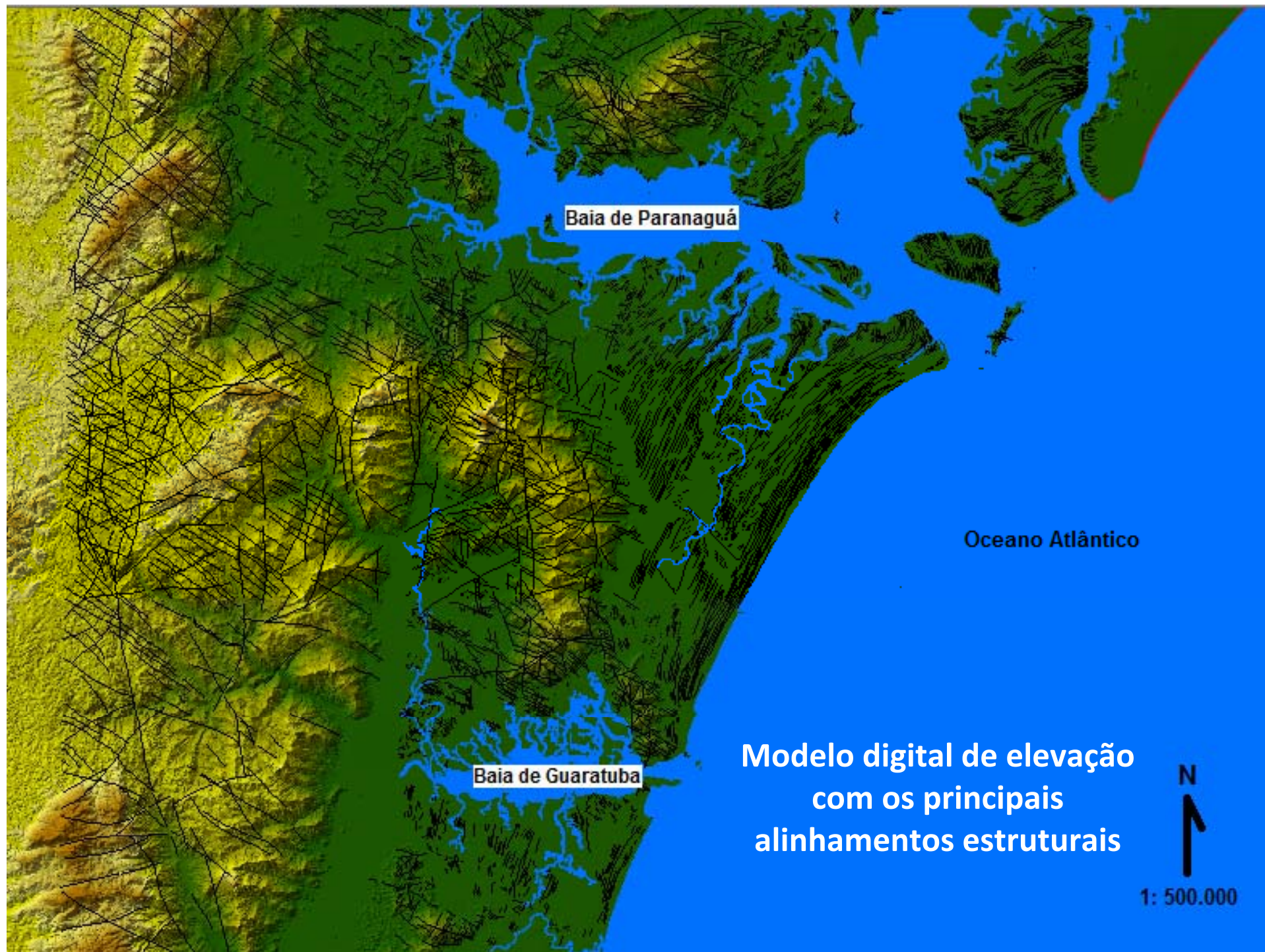


Figure 1. False color satellite image of the San Francisco bay area. Yellow circles are earthquake epicenters from 1972-1989. Circle size is proportional to earthquake magnitude. Modified from U.S. Geological Survey poster "San Francisco Bay Area Earthquakes."





Baía de Paranaguá

Oceano Atlântico

Baía de Guaratuba

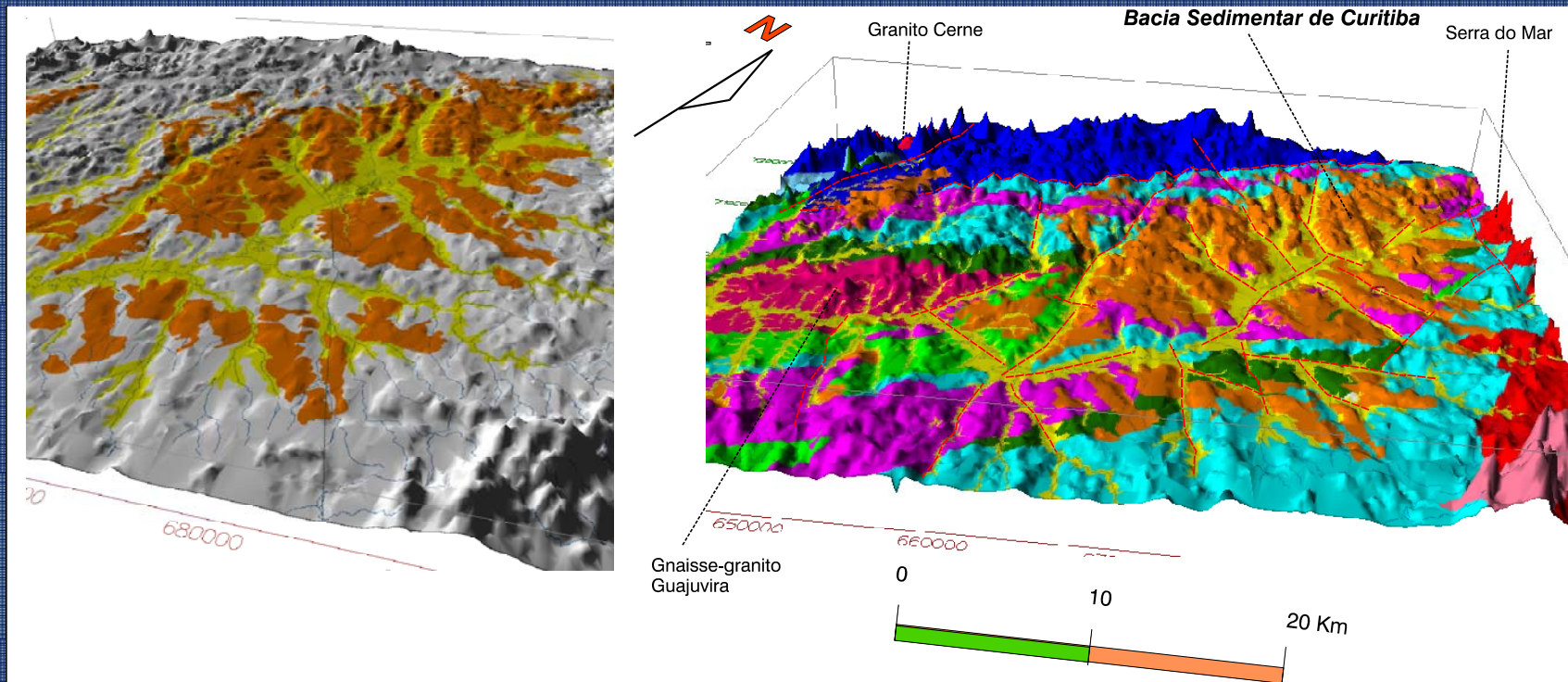
Modelo digital de elevação  
com os principais  
alinhamentos estruturais

N  
↑  
1: 500.000



Mapas geológicos sobre MDE é um dos métodos mais eficientes para se interpretar a associação da morfoestrutura com os maciços rochosos subjacentes.

Dependendo da idade relativa dos estratos já se pode ter ideia do momento geológico quando ocorreu a deformação local.



**Legenda de unidades geológicas**

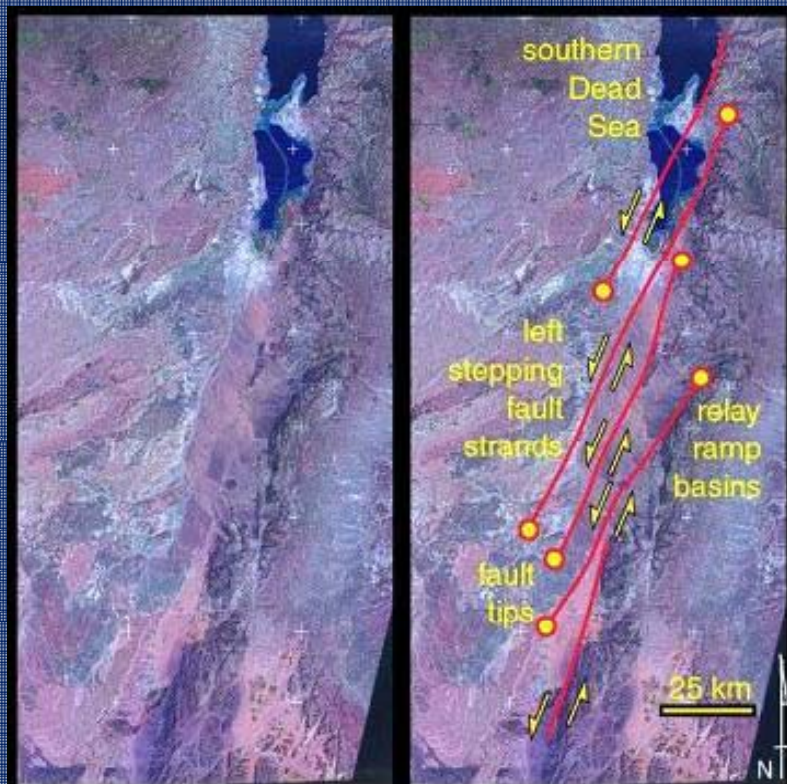
- Aluviões
- Formação Guabirota/Formação Tinguis
- Formação Guaratubinha
- Granitos (Serra do Mar e Cerne)
- Fm. Camarinha
- Grupo Açungui
- Complexo Costeiro (Domínio Curitiba)
- Principais lineamentos estruturais

Fig. 19a: Modelos digitais do terreno (MDT), gerados pelo programa GEO3View (LINDENBECK & ULMER, 1995): (a) área de abrangências dos litotipos da Bacia Sedimentar de Curitiba. Visada de Sul para Norte;

(b) visualização dos constituintes litológicos da área estudada, sedimentos e rochas do embasamento. Visada de NW para SE.

# FOTOINTERPRETAÇÃO

Trata-se do método mais tradicional de visualização de morfoestrutural e está descrito de forma bastante objetiva e direcionada em Soares e Fiori (1976). Ali, os autores descrevem como se deve fazer o traçado na fotografia aérea (é possível utilizar também em imagem de satélite) de elementos morfológicos que determinam as características geológicas locais.

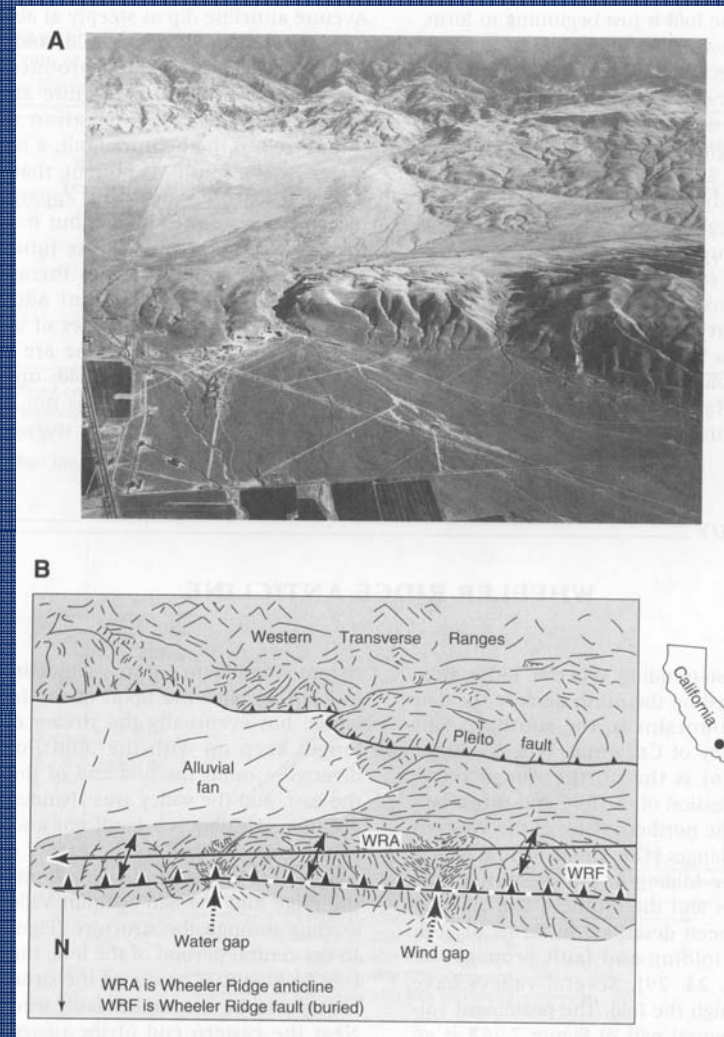
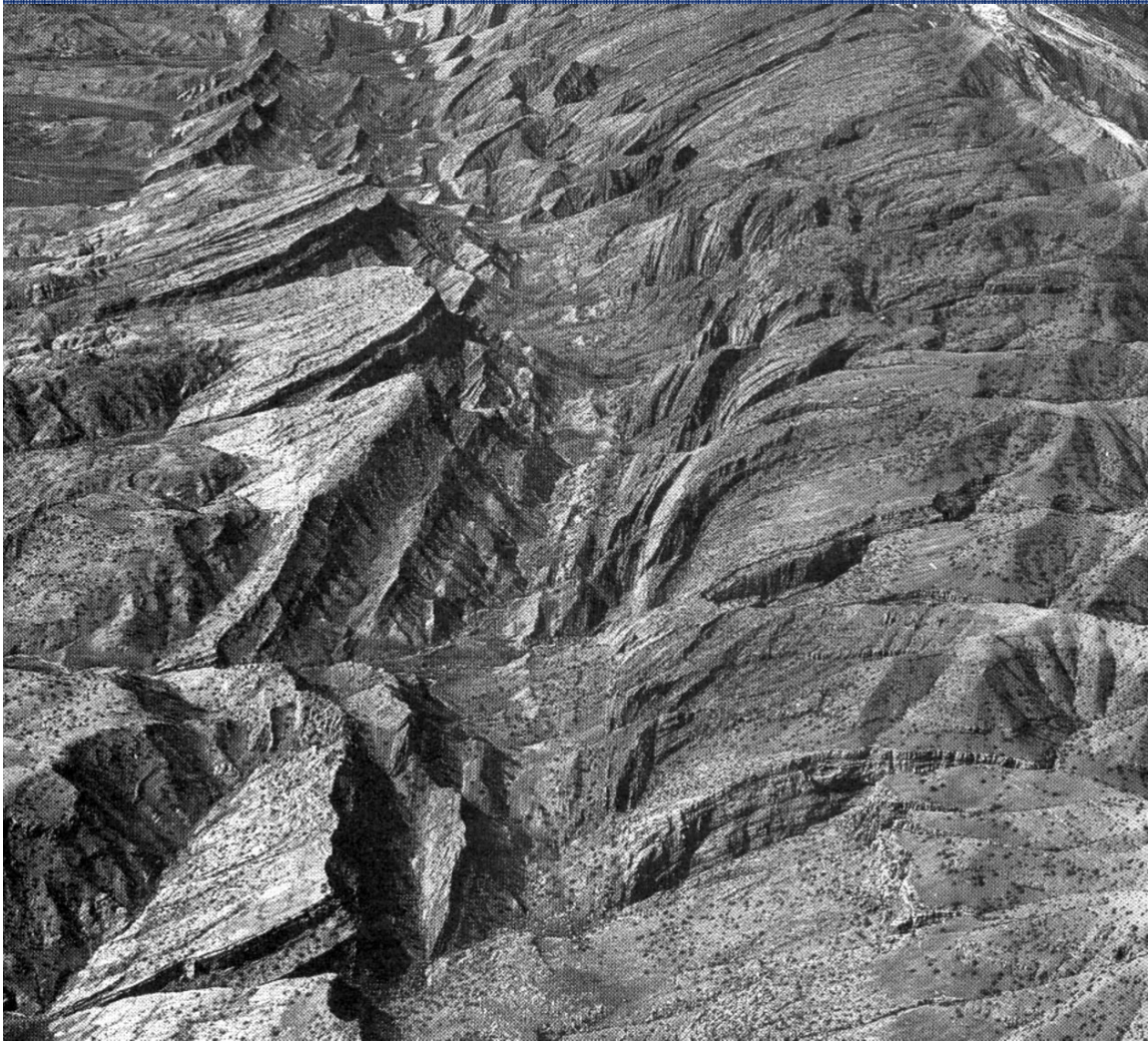


Wasatch Fault (Sat Lake City)



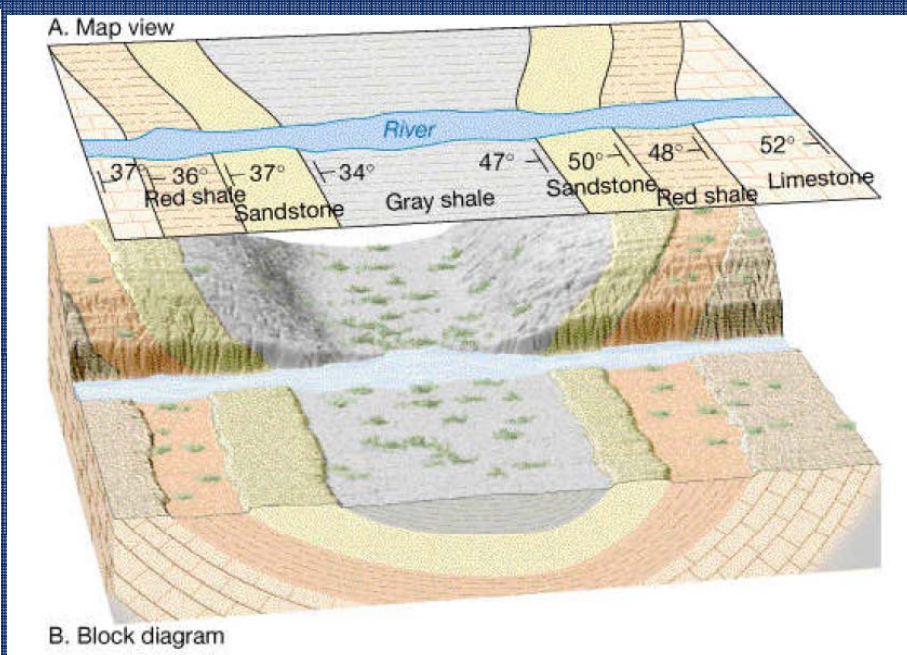
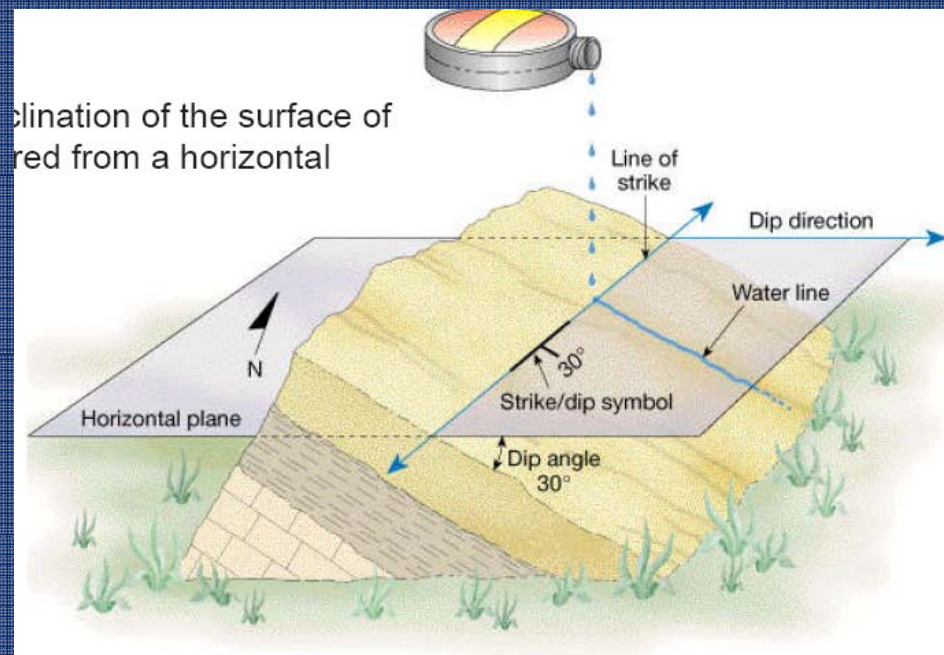
**Fotointerpretação de área do PréCambriano (Campo Largo-PR)**

É preciso lembrar que as fotografias aéreas podem ser obliquas e estas também servem para boas fotointerpretações.

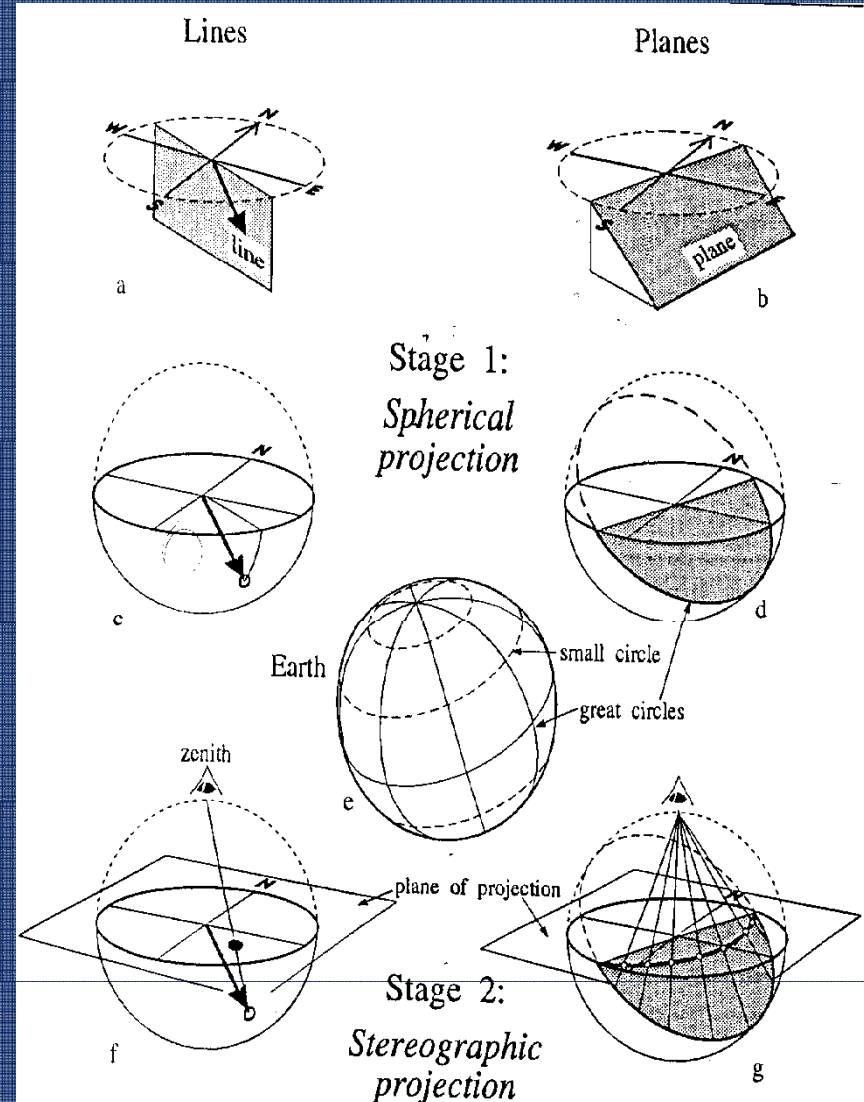
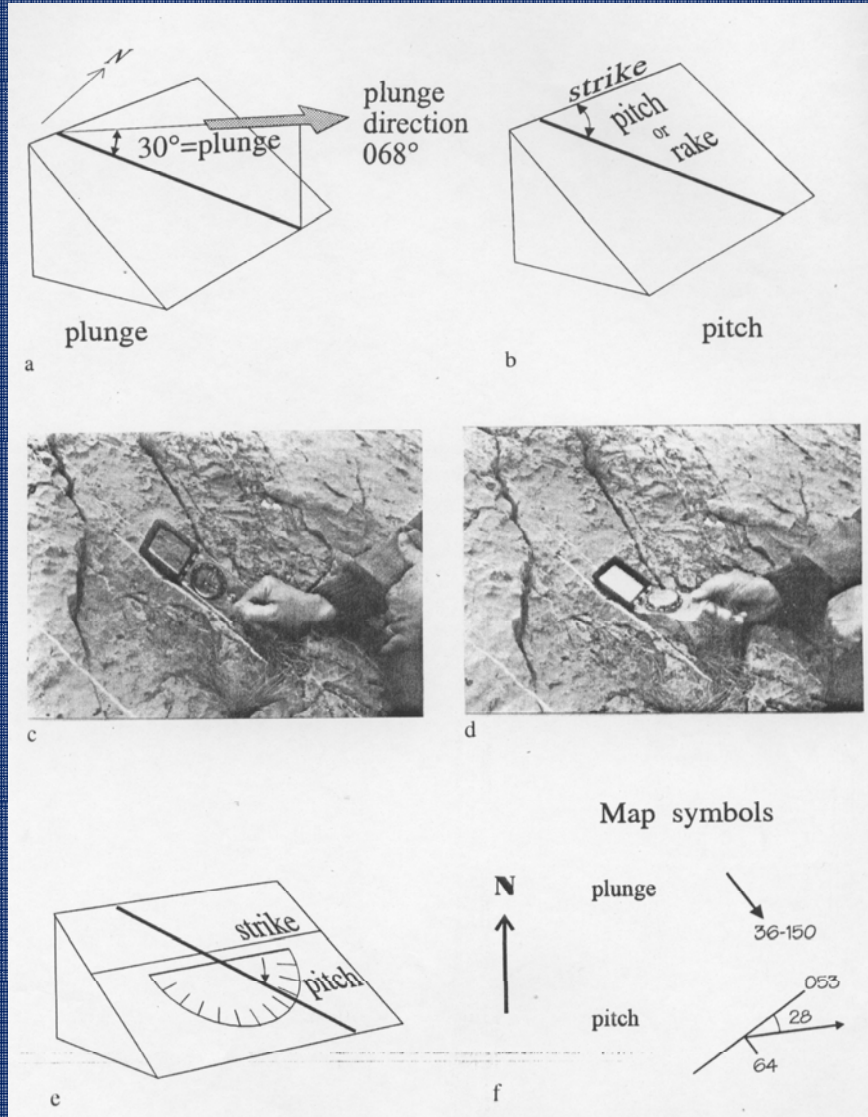


# COLETA DE DADOS DE CAMPO

Há um grande leque de métodos de coleta de dados de campo. No caso de se trabalhar com estruturas geológicas (e eventualmente com morfoestruturas), as informações que se deseja coletar estão ligadas à tectônica de maciços, tais como as atitudes de estratos deformados.



# Projeções estereográficas





**Fraturas conjugadas**



**Falhas com estrias e steps**





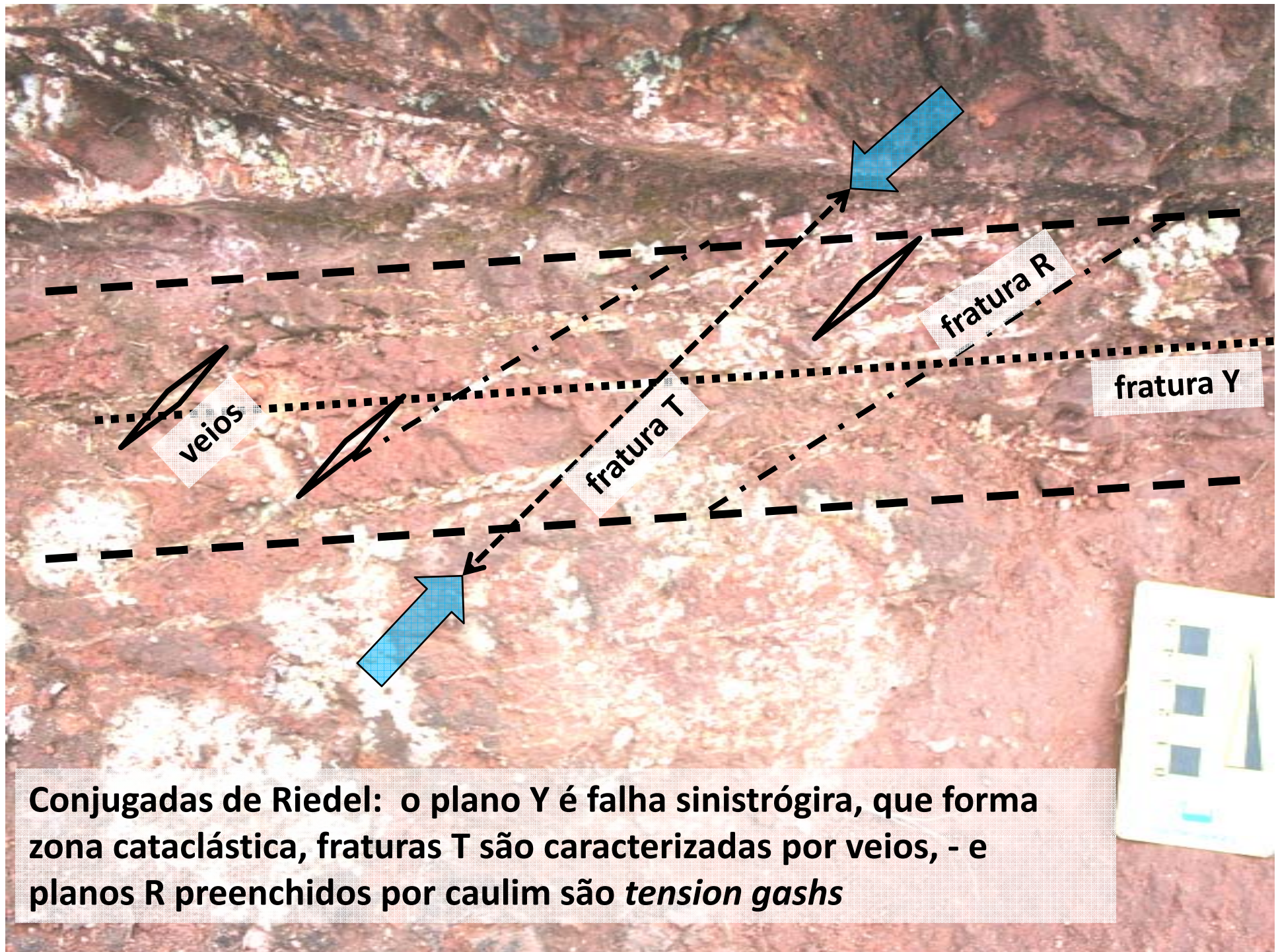
**Estrutura em flor**

**Falhas preenchidas por caulim**



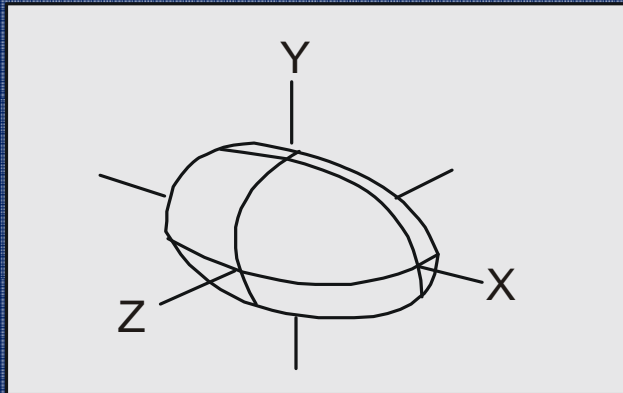
**Riedel: falha sinistrógiira, plano Y em zona cataclástica e planos R preenchidos por caulim**



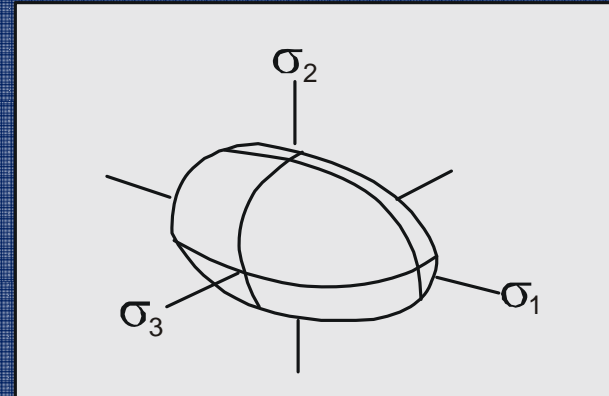


Conjugadas de Riedel: o plano Y é falha sinistrógrira, que forma zona cataclástica, fraturas T são caracterizadas por veios, - e planos R preenchidos por caulim são *tension gashes*

## Elipsóide de deformação

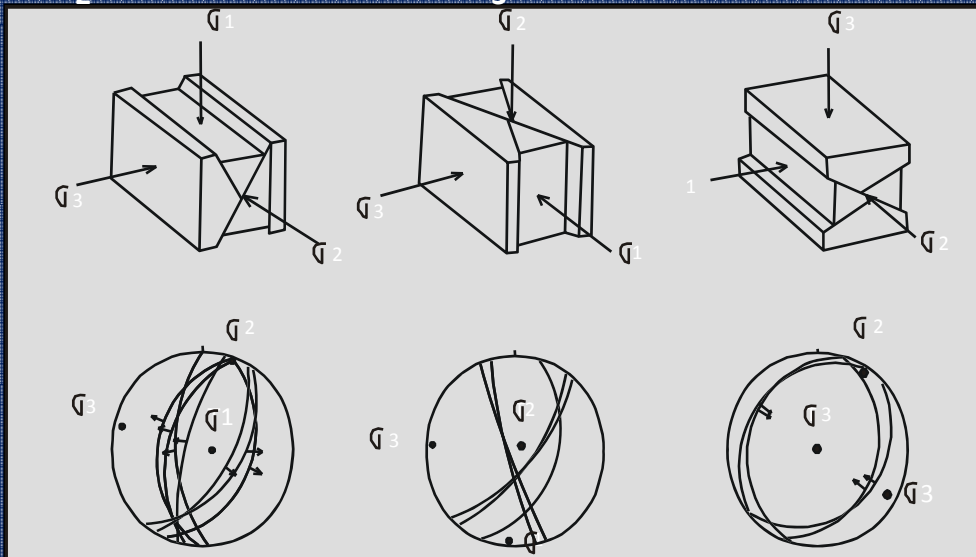


## Elipsóide de tensão ( $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ )



As variações das tensões são representada pelo elipsóide de tensão que possuem **três planos** principais, cujas interseções definem os eixos principais de tensão ou eixos dinâmicos, representados como  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  e  $\sigma_3$ , onde  $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ , sendo em geral um deles vertical e os outros dois horizontais.

A disposição de cada um desses eixos na vertical marca o regime tectônico: se  $\sigma_1$  distensivo; se  $\sigma_2$ , transcorrente; se  $\sigma_3$ , compressivo



Representação dos eixos de tensão máxima ( $\sigma_1$ ), intermediária ( $\sigma_2$ ) e mínima ( $\sigma_3$ ) de acordo com o tipo de falhamento (mod. de ANDERSON, 1942).

# Estereograma de Schmidt (stereonet), utilizado para a análise estrutural de planos, linhas em geologia estrutural

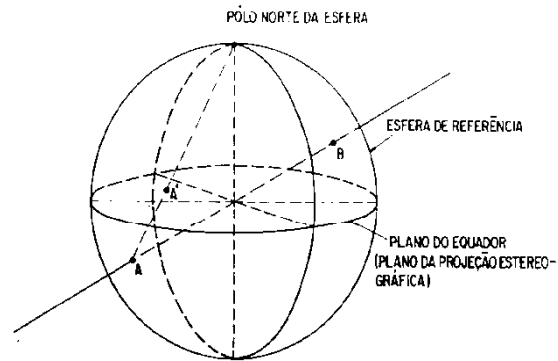


FIGURA 18 - PROJEÇÃO DE RETA. A RETA INTERSECTA A ESFERA DE REFERÊNCIA EM A E B. SOMENTE O PONTO A É CONSIDERADO. LIGANDO-O AO PÓLO NORTE, OBTÉM-SE O PONTO A' NO PLANO DO EQUADOR. A' É O PÓLO ESTEREOGRÁFICO DA RETA.

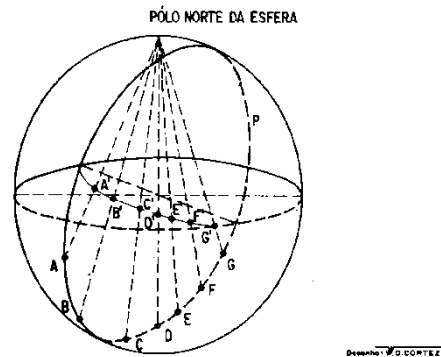
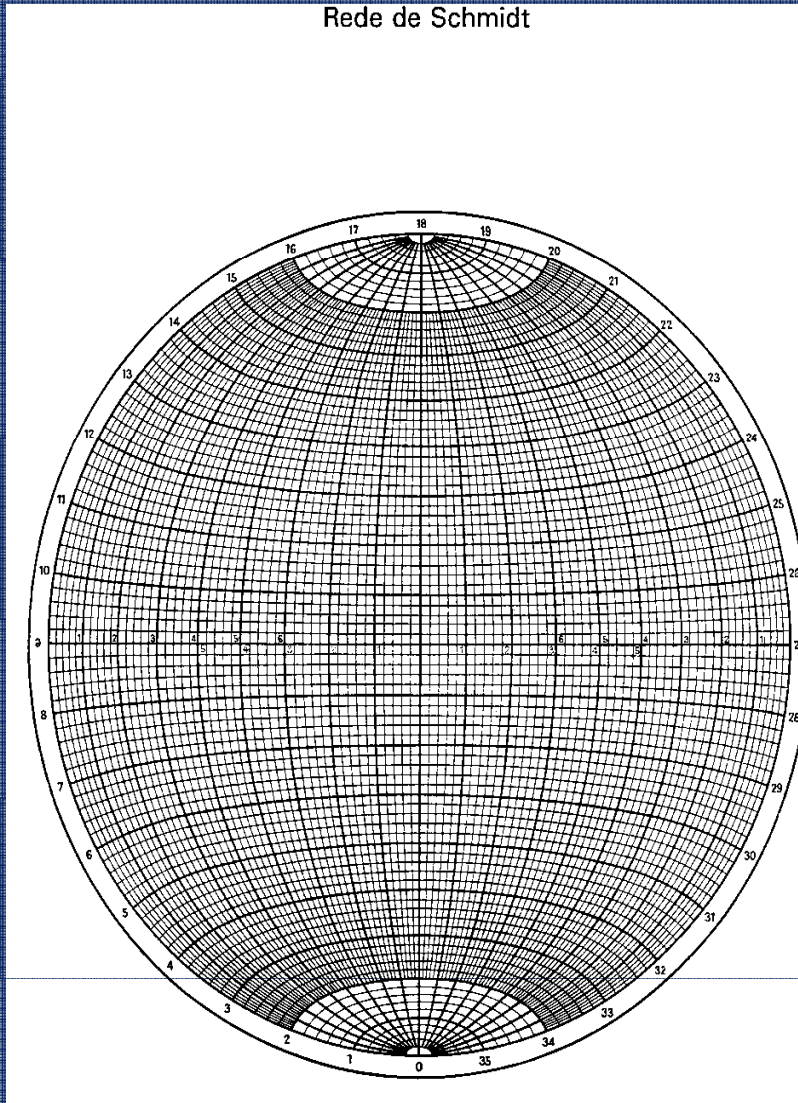
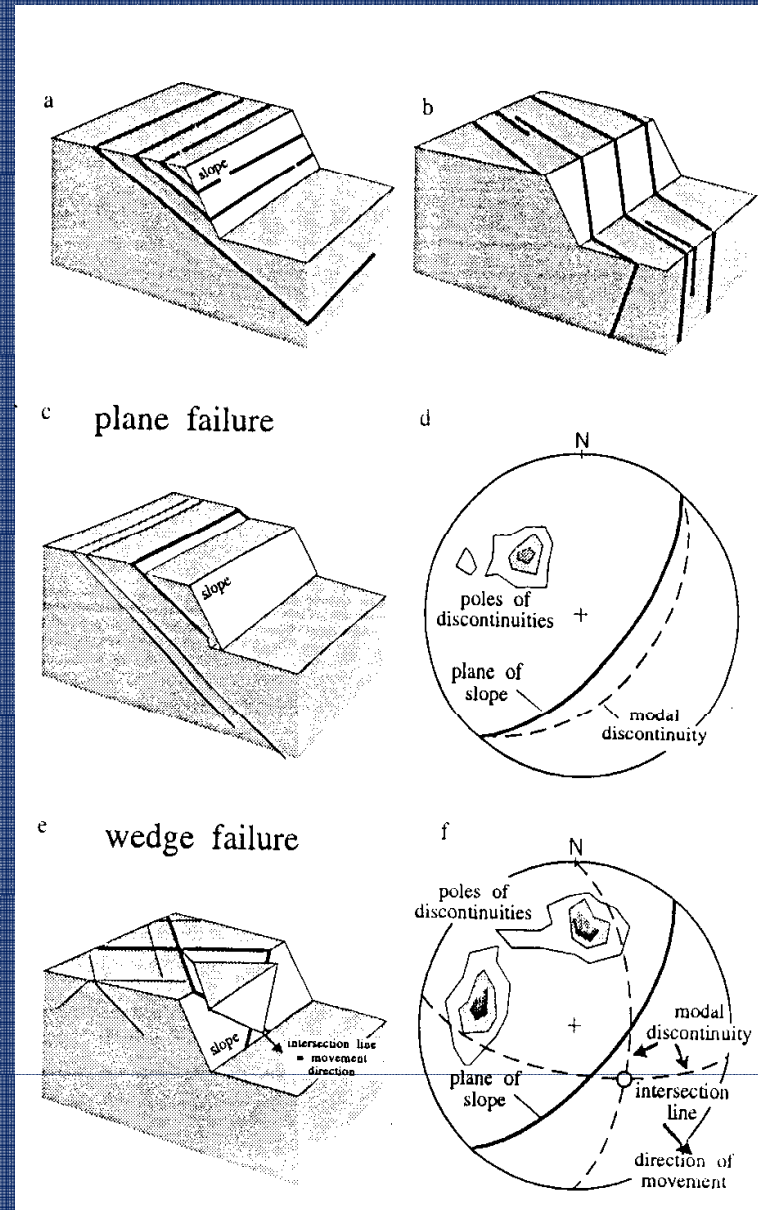
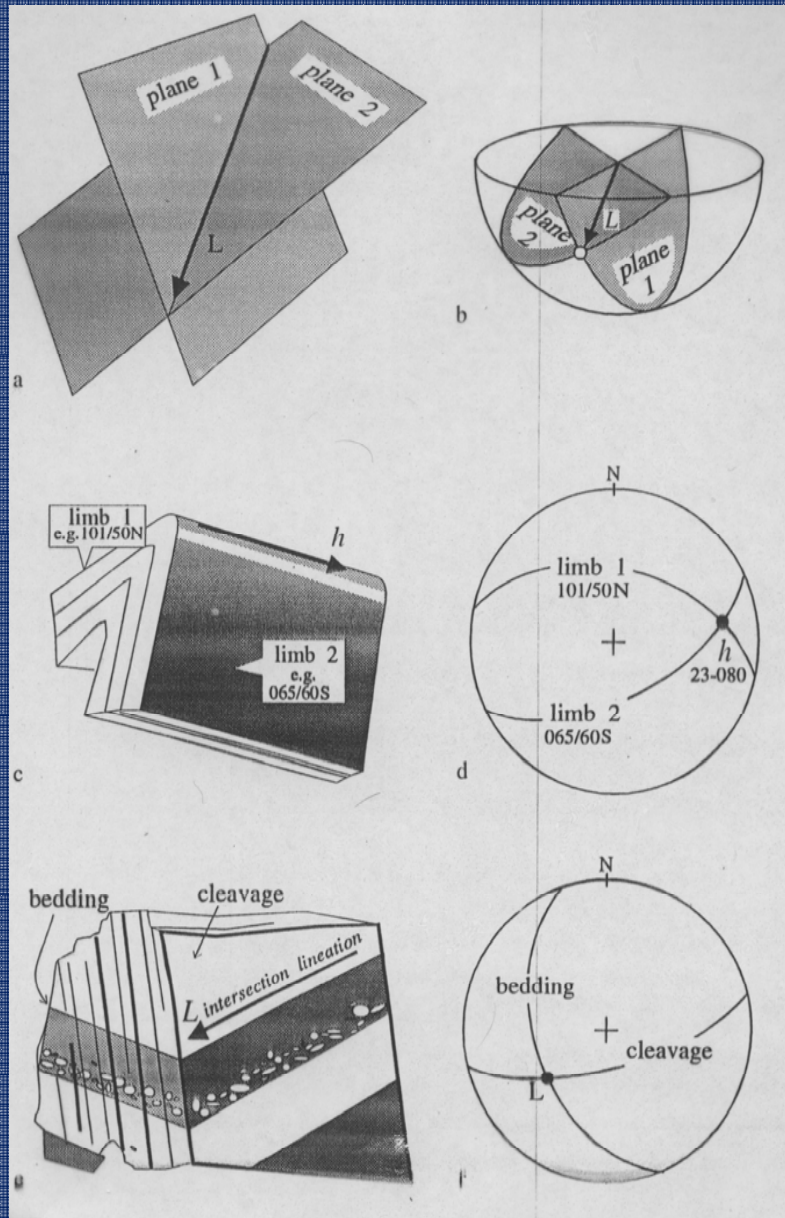


FIGURA 19 - PROJEÇÃO DE PLANO. O PLANO P INTERSECTA A ESFERA SEGUNDO UM CÍRCULO, DO QUAL APENAS A METADE NO HEMISFÉRIO INFERIOR É CONSIDERADA. LIGANDO-SE OS PONTOS A, B, C, D, E, F, G COM O PÓLO NORTE OBTÉM-SE A', B', C', D', E', F', G' QUE DELINEIAM O ARCO DE CÍRCULO, QUE É A PROJEÇÃO CICLOGRÁFICA DO PLANO.

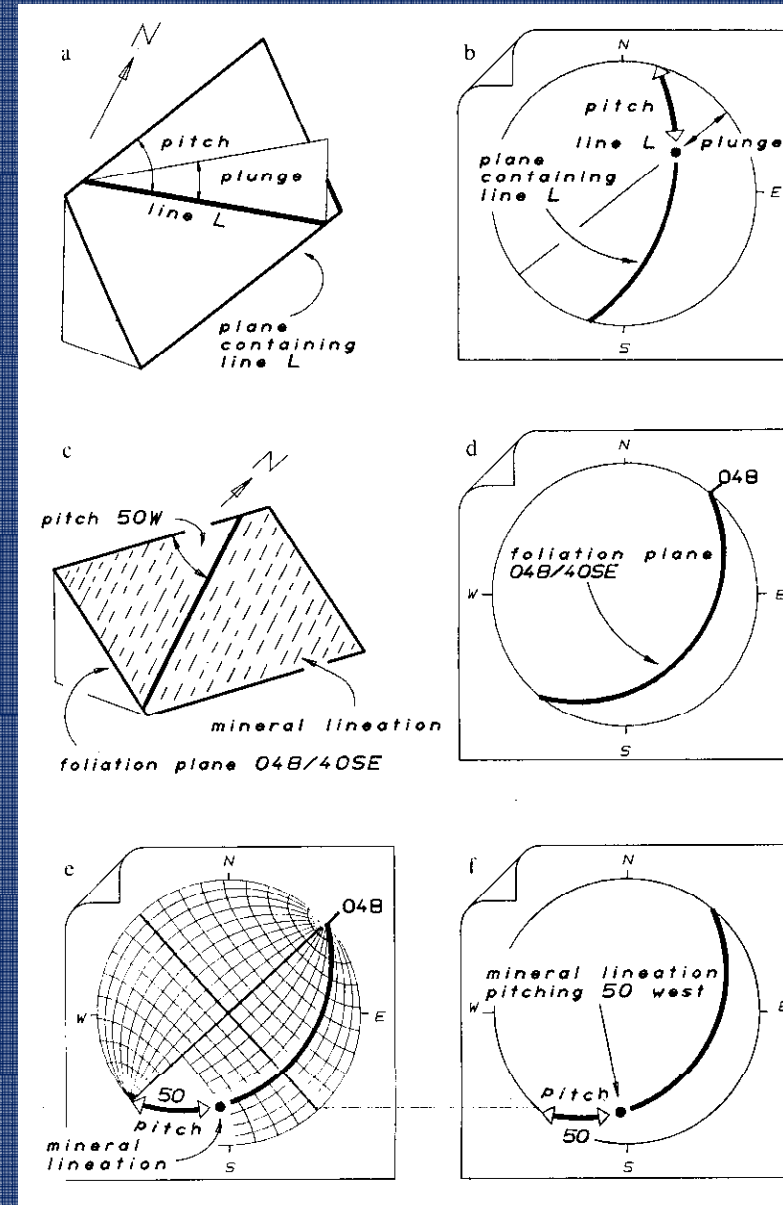
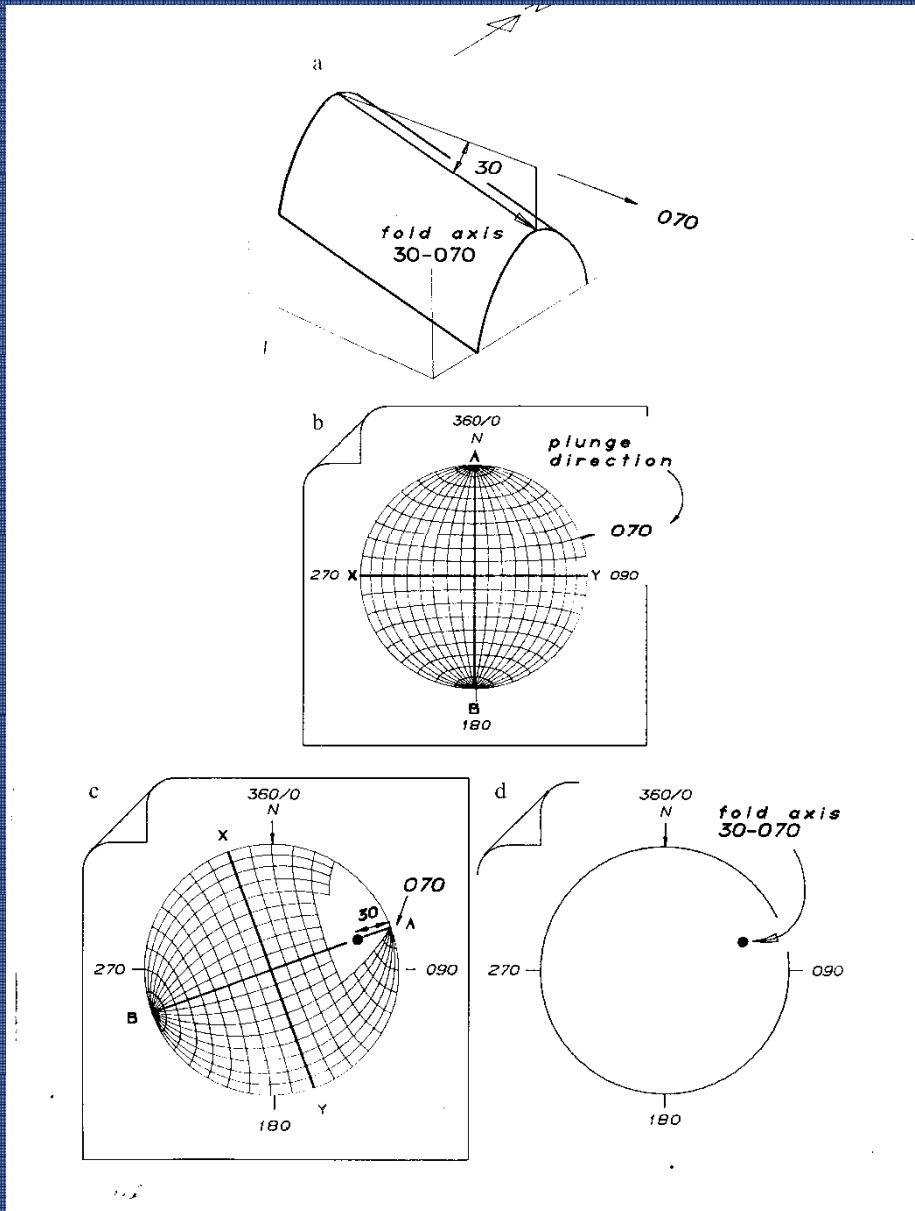
Rede de Schmidt



# Estereograma e as estruturas (exemplos 1)



# Estereograma e as estruturas (exemplos 2)





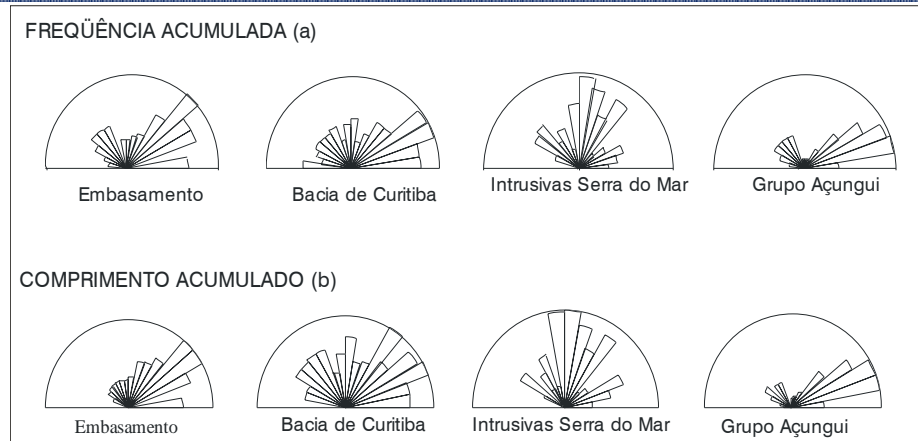


Fig. 47: Diagramas de rosetas com as tendências de direção dos lineamentos estruturais (a) e as tendências de direções dos comprimentos acumulados dos segmentos dos lineamentos (b). Os dados são da Bacia de Curitiba e arredores e foram obtidos através de fotointerpretação.

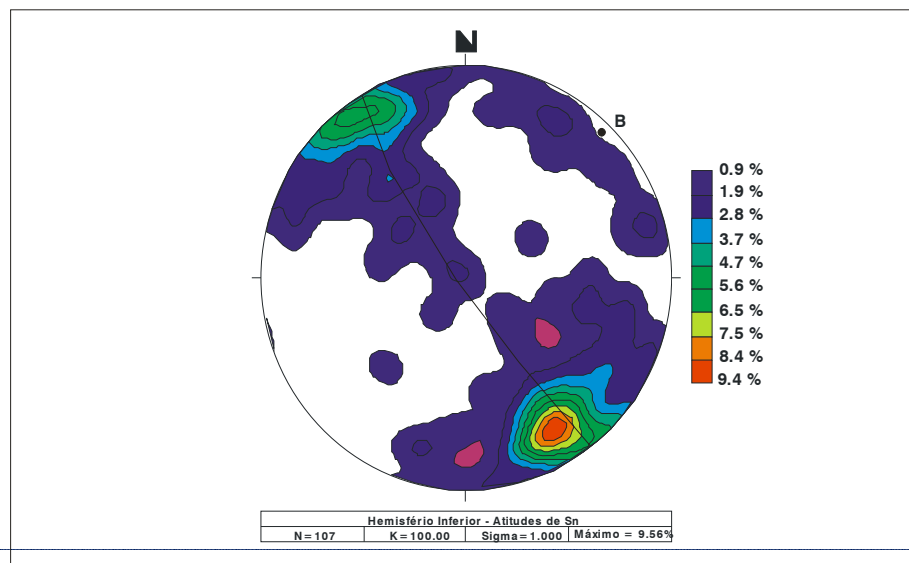


Fig. 48: Estereograma de Schmidt (hemisfério inferior) mostrando a dispersão dos pólos de foliação e/ou xistosidade (Sn) das rochas do embasamento da Bacia de Curitiba.

Diagramas de rosetas (ou rosáceas) e de Schmidt-Lambert (ou estereograma estrutural) obtido a partir de planos de foliações (também poderiam ser fraturas)

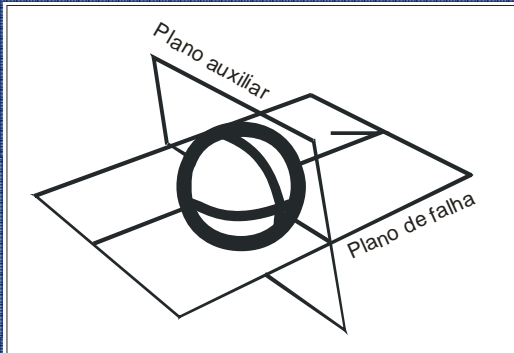


Fig. 50: Representação do plano de falha e o seu plano auxiliar necessário para o emprego do método dos diedros retos (ANGELIER e MECHLER, 1977).

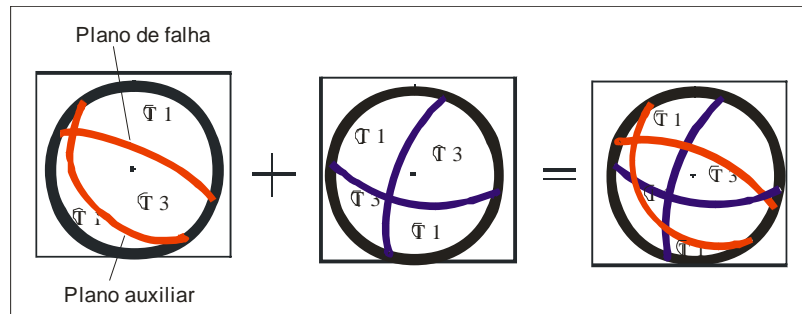


Fig. 51: Exemplo de como se utiliza o método para a determinação de campos de tensão máxima ( $\sigma_1$ ) e mínima ( $\sigma_3$ ) (mod. de ANGELIER e MECHLER, 1.977).

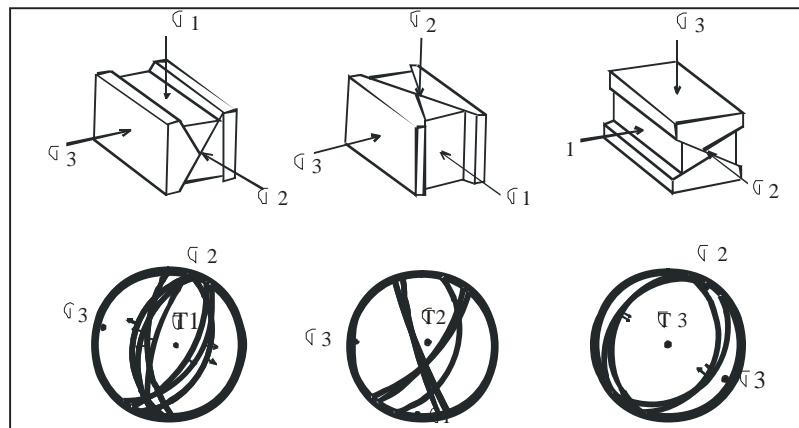
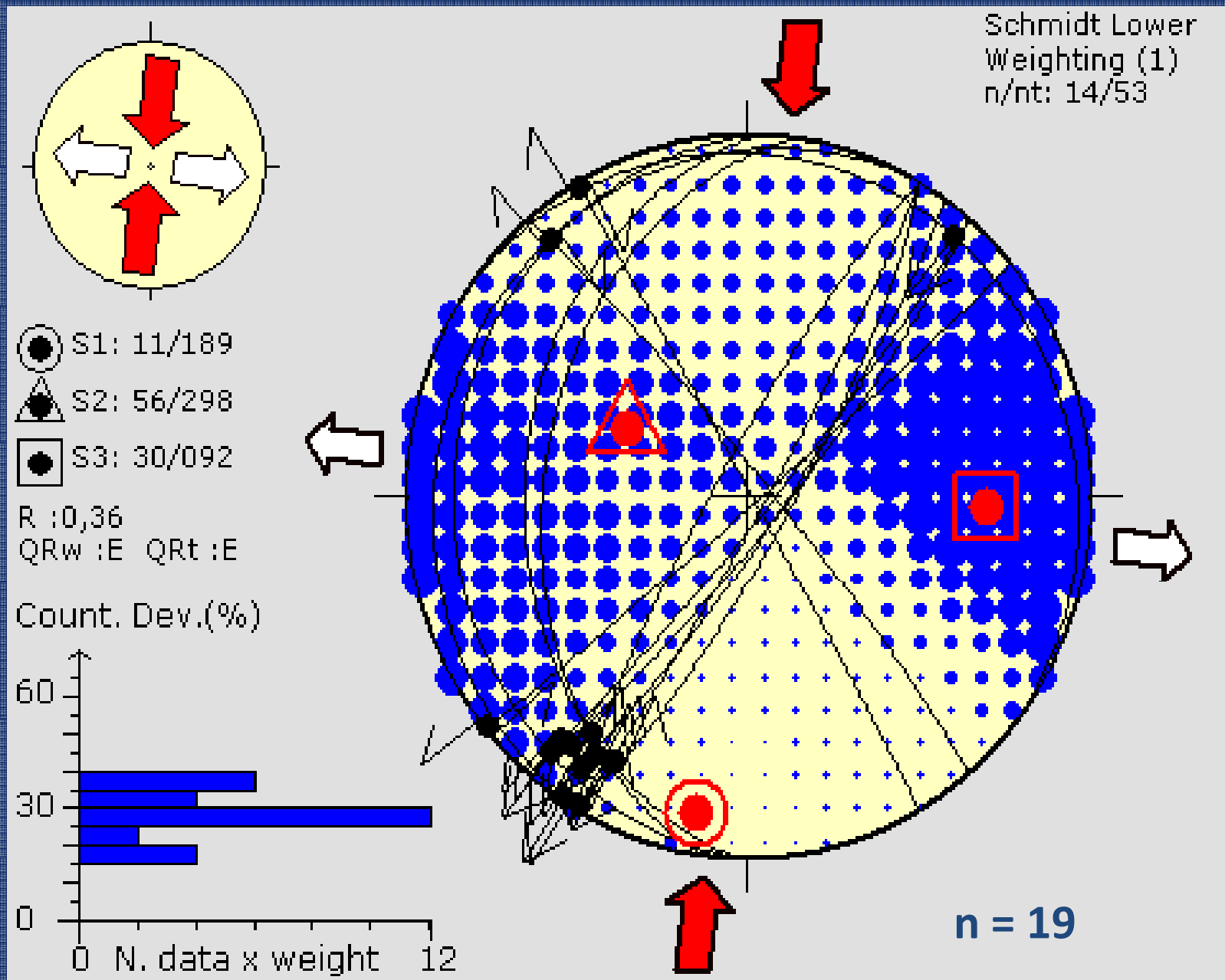
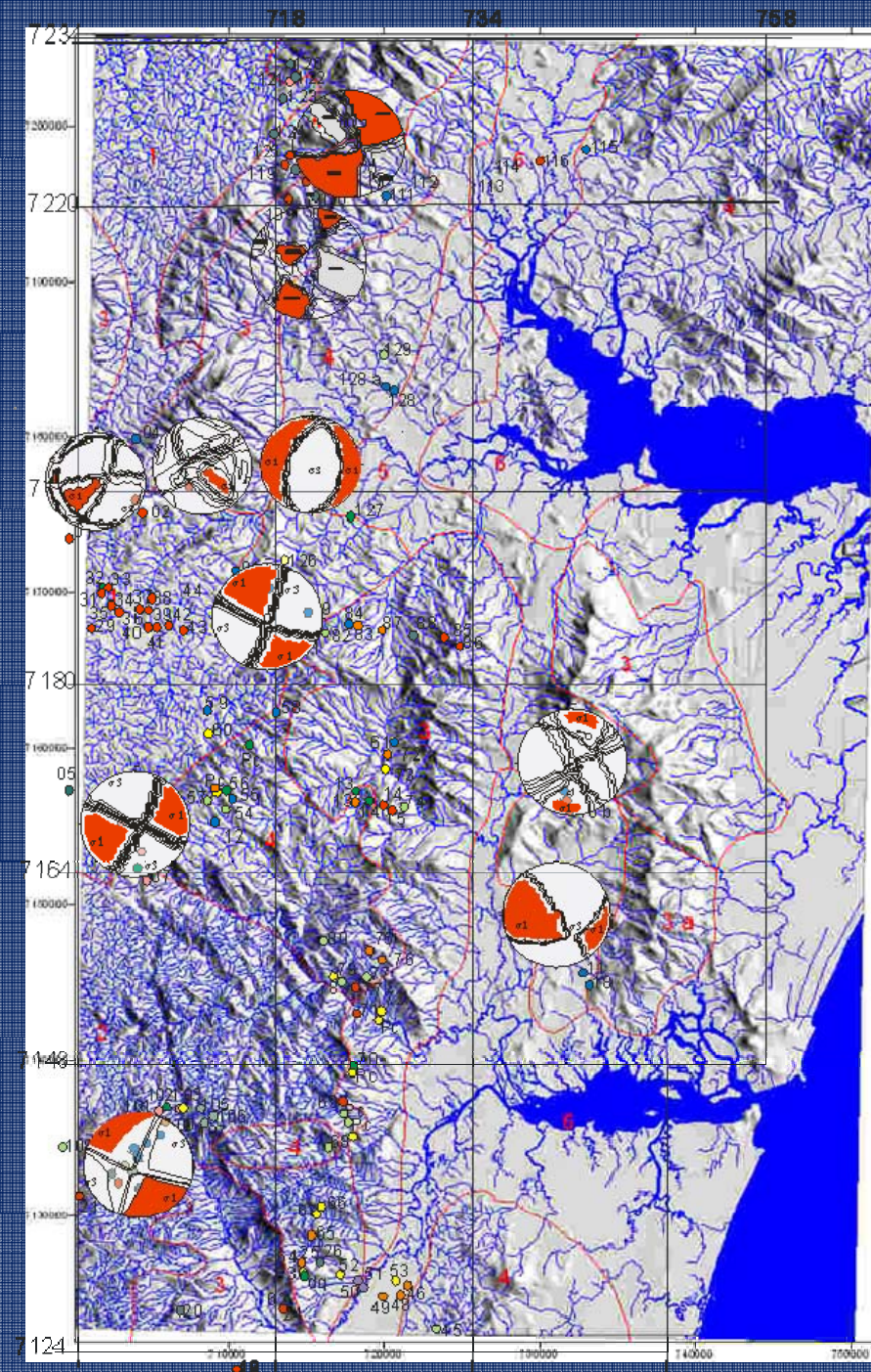


Fig. 52: Representação dos eixos de tensão máxima ( $\sigma_1$ ), intermediária ( $\sigma_2$ ) e mínima ( $\sigma_3$ ) de acordo com o tipo de falhamento (mod. de ANDERSON, 1942).

Diagrama de Schmidt na verificação de falhas e posicionamento dos eixos de tensão, a partir de dados de planos de falhas, *steps* e estrias de atrito

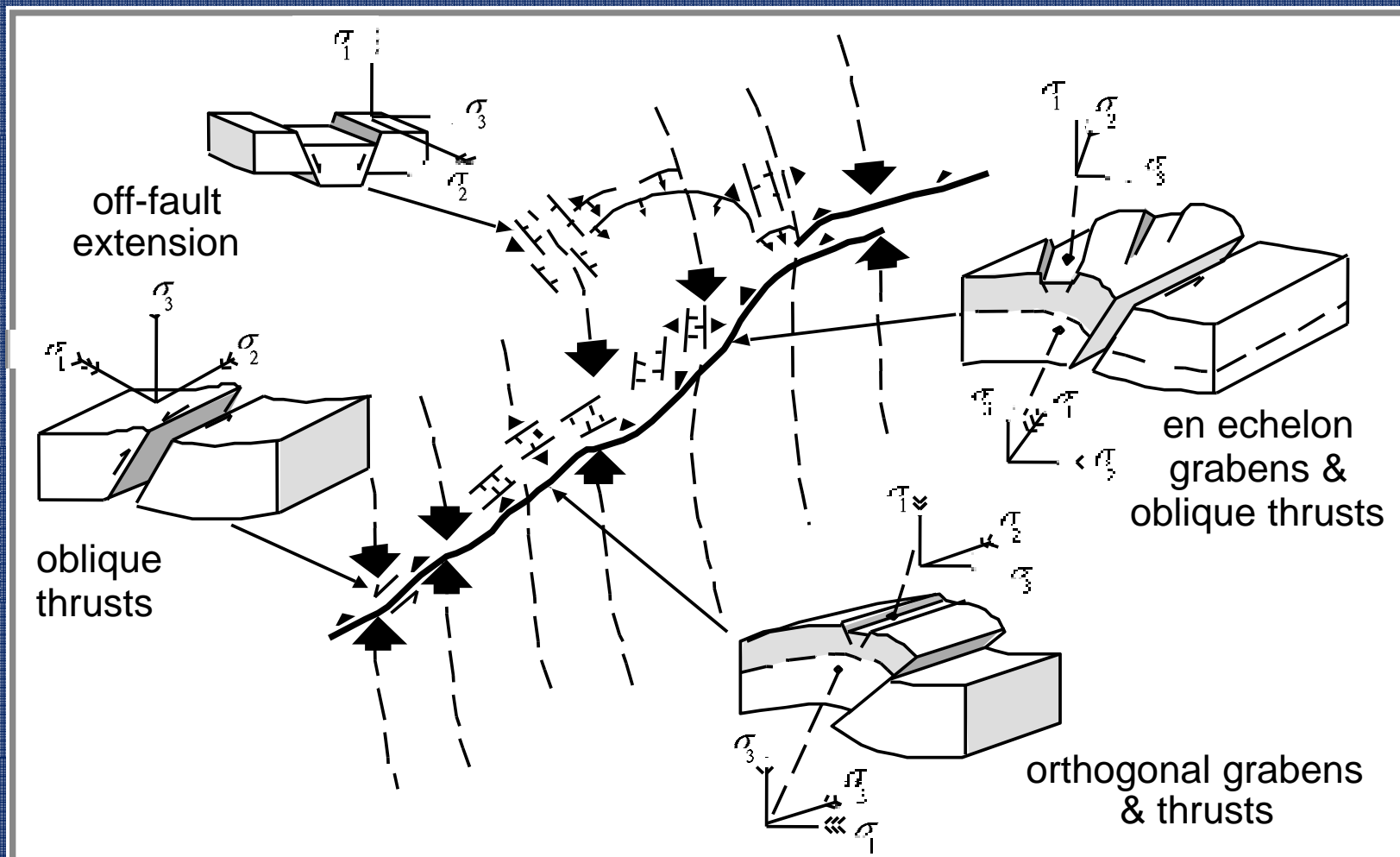
# Estereograma de tensão obtido por meio da análise de planos de falhas estriados e com indicação do sentido de movimento





Diagramas de paleotensão obtidos com dados estruturais (método dos diedros retos) em análise estutural regional na Serra do Mar.

Observar que as tensões principais ( $S_{hmax}$  - stress máximo), em vermelho podem ser variáveis dependendo do conjunto de dados coletados.



Esquema dos principais estilos de deformação e sua relação inferida aos modelos de tensão (*stress*) para as estruturas no terremoto de El Asnam

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.

# GEOFÍSICA

Métodos geofísicos resultam em imagens que, se confrontadas com a litologia e a geologia estrutural, fornecem excelente resultado no modelo morfotectônico local.

