

MORFOLOGIAS ESTRUTURAIS EM ÁREAS DE DEFORMAÇÃO TECTÔNICA

META

Verificar o papel da estrutura na evolução morfológica

OBJETIVOS

Ao final desta aula, o aluno deverá:

analisar as formas de relevo, relacionando-as com a estrutura e as condições climáticas pretéritas e atuais.

PRÉ-REQUISITOS

Geologia geral e *dicionário Geológico-Geomorfológico*.

INTRODUÇÃO

O movimento das placas traz em sua dinâmica resultados que podem ser observados na superfície. As rochas dobradas e falhadas são exemplos evidentes de que toda a crosta esteve submetida a tais esforços e que eles continuam atuando até os dias atuais. Neste sentido, o fenômeno da tectônica de placas processa-se em escala global, mas encontra-se evidenciado segundo direções preferenciais ou regionais.

Além dos movimentos verticais (tectonismo quebrantável causadores de falhas e fraturas, a crosta terrestre sofre, também, as interferências de movimentos horizontais, de caráter compressivo que acarretam a formação de dobras. O tectonismo plástico refere-se, portanto, às deformações sofridas pelos corpos rochosos que explicam a formação de dobramentos. Há outros que utilizam essa expressão, como sinônimo de orogênese.

As áreas que apresentam grandes dobramentos são aquelas onde se deu a colisão de placas litosféricas, como, por exemplo, nos Alpes, Himalaia, Montanhas Rochosas e Andes. Esses são os modernos e mais destacados sistemas orogênicos observados na atualidade.

RELEVO ELABORADO EM ESTRUTURA DOBRADA

A estrutura dobrada caracteriza-se pelas deformações do material rochoso plástico, através dos efeitos tectônicos, nas camadas geológicas, cujo elemento resultante é a dobra (Figura 8.1).

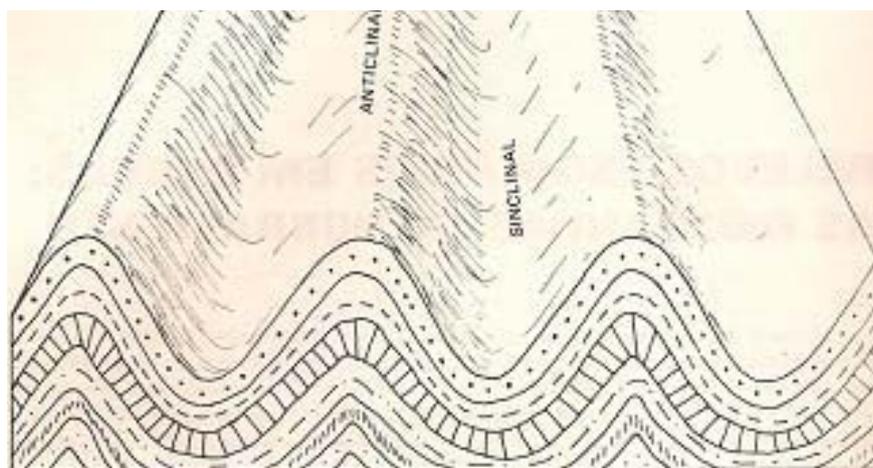


Figura 8.1 – Esquema de relevo dobrado. (Fonte; Ab' Sáber, 1975).

Em termos conceituais, dobra nada mais é do que uma deformação da crosta terrestre que se manifesta por um enrugamento, ou ondulação das rochas, principalmente as sedimentares. As dobras são formadas por pressão de uma intrusão magmática ou, então, como resposta aos esforços tectônicos. “Não são apenas as rochas sedimentares que sofrem dobramentos. Em menor escala, observam-se dobras em rochas magmáticas extrusivas e metamórficas” (JATOBÁ; LINS, 2008, p. 68).

Os relevos desenvolvidos em estrutura dobrada são bastante variados. A variedade de formas resulta:

- a) da diversidade das condições litológicas que se oferecem à erosão diferencial;
- b) da complexidade das condições tectônicas, isto é, do estilo dos dobramentos;
- c) da ação erosiva. O dobramento não é instantâneo e, em função da velocidade relativa do dobramento e da erosão, numerosas variações no relevo podem ocorrer.

ELEMENTOS DE UMA DOBRA

Numa sucessão regular de dobras distinguem-se os seguintes elementos: flancos, anticlinal, sinclinal, eixo ou charneira, plano axial e elevação estrutural Figura 8.2.

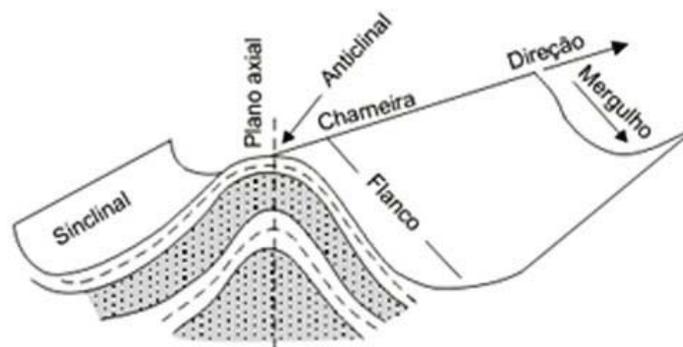


Figura 8.2 – Elementos componentes de uma dobra. (Fonte: Casseti, 1990).

- a) Anticlinal – é uma dobra convexa para cima na qual as camadas se inclinam de maneira divergente a partir de um eixo. Observa-se que havendo horizontalidade do plano axial, ou mesmo dos dois flancos, a anticlinal será identificada por possuir as rochas mais antigas na sua porção interior (Figura 8.3);

- b) Sinclinal – é uma dobra côncava para cima na qual as camadas se inclinam de modo convergente, formando uma depressão. Caracteriza-se ainda por possuir as rochas mais jovens na sua parte interior (Figura 8.4);
- c) Plano axial – é a superfície que divide a dobra em duas partes similares. Em algumas dobras, o plano axial é vertical em outras é inclinado e em outras ainda pode ser horizontal.
- d) Flancos – correspondem aos dois lados de uma dobra. Logo, um flanco se estende do plano axial de uma dobra até o plano axial da dobra seguinte.
- e) Eixo ou charneira – resulta da interseção do plano axial com uma camada qualquer. Como o eixo resulta de uma interseção, ele estará representado por uma linha. Em muitas dobras o eixo é horizontal, em outras é inclinado, e em outras ainda pode ser vertical.
- f) Elevação Estrutural – é a medida de uma vertical, perpendicular aos dois planos horizontais que tangenciam a charneira anticlinal e a sinclinal. Não deve ser confundida com altitude atual da dobra nem com a diferença atual entre o pico do relevo anticlinal e o fundo do sinclinal.

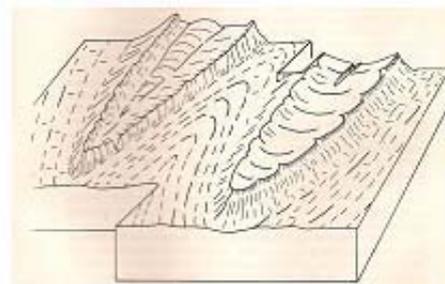
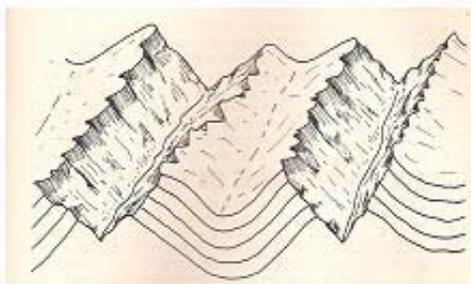
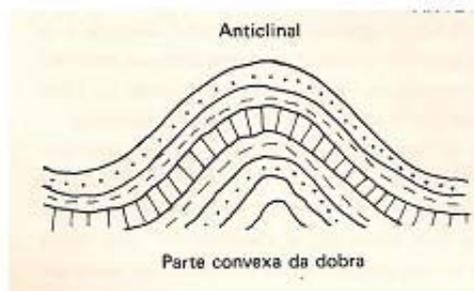


Figura 8.3 – Anticlinal esvaziada e sinclinal soerguida.
(Fonte: AB' Sáber, 1975).

Figura 8.4 – Sinclinal soerguida.

TIPOS DE DOBRAS

As dobras são classificadas de acordo com o seu aspecto morfológico, posição do eixo e plano axial (Figura 8.5). De modo geral, distingue-se os seguintes tipos segundo a inclinação do plano axial:

- a) Dobra normal – quando apresenta plano axial vertical;
- b) Dobra arqueada ou inclinada – quando apresenta inclinação do plano axial com a vertical menor que 45° . Os flancos apresentam declives diferentes;
- c) Dobra reversa – quando apresenta plano axial muito inclinado, igual ou superior a 45° . Os afloramentos são dissimétricos.
- d) Dobra deitada – quando apresenta plano axial horizontal. Caracteriza-se pela superposição de camadas no sentido inverso da estratigrafia.
- e) Dobra em avental – quando os flancos convergem para baixo.
- f) Dobra falha – quando o adelgaçamento das camadas provoca a sua interrupção, onde o flanco inverso é falhado na ocasião do dobramento.
- g) Charriages – quando o acavalamento tem grande amplitude, podendo atingir várias dezenas de quilômetros. Neste caso, o eixo da dobra geralmente percorre grande distância.

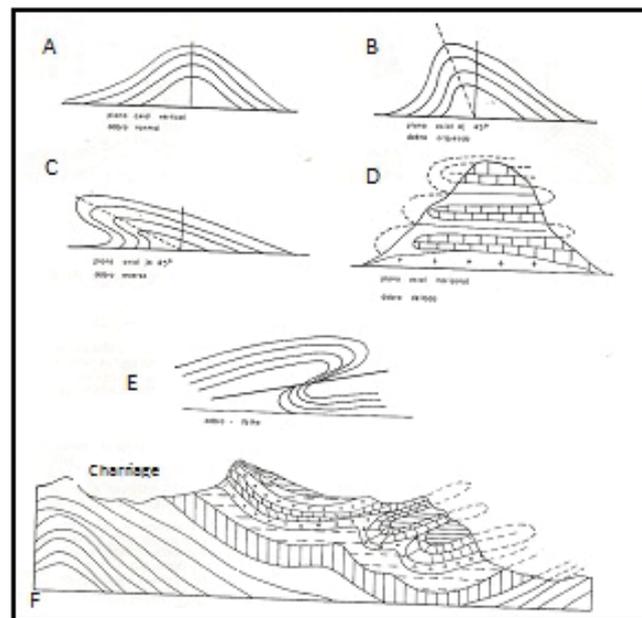


Figura 8.5 – Tipos de dobras segundo a inclinação do plano axial.
Fonte: Penteadó, 1978.

EVOLUÇÃO DO RELEVO DOBRADO

O relevo desenvolvido em estruturas dobradas atravessa duas fases distintas, que dependem do seu estágio evolutivo e da ação dos processos erosivos. Essas fases são: relevo jurássico e relevo apalachiano (PENTEADO, 1978; JATOBÁ e LINS, 2008). Dada a duração de tempo necessário para a individualização desses dois tipos de relevo, estes devem ser entendidos como vinculados aos efeitos tectônicos pré-cambrianos, sobretudo proterozóicos, ou ainda material sedimentar dobrado em épocas que remontam ao paleozóico (CASSETI, 1990).

a) Relevo Jurássico – Caracteriza a fase inicial do relevo dobrado, cuja nomenclatura deriva do “jura”, maciço francês, onde a interrelação de camadas de diferentes resistências responde pela inversão do relevo, com arrasamento das anticlinais e alçamentos dos sinclinais (Figura 8.6).

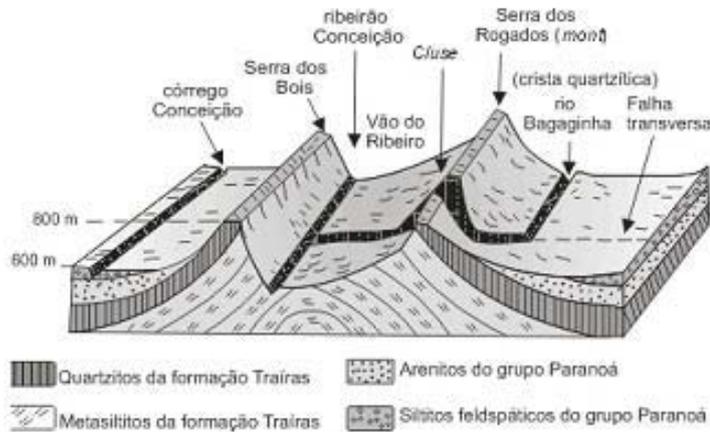


Figura 8.6 – Relevo do tipo jurássico em Niquelândia-Goiás (Fonte: Casseti, 1990).

O ataque erosivo do relevo jurássico inicia-se nos flancos dos anticlinais, através da abertura de pequenos vales chamados ruz. Com o avanço da erosão regressiva, ocorre o recuo do ruz e um conseqüente aprofundamento do talvegue, gerando uma cluse. Segundo Penteado (1978), o trabalho de alargamento da cluse é auxiliado pela camada de rocha tenra situada sob a resistente, na anticlinal. Ao longo do dorso da anticlinal, surgem ravinas que evoluem, originando uma combe.

Ressaltam Jatobá e Lins (2008) que a tendência dos processos erosivos é arrasar extensivamente o relevo jurássico transformando-o numa superfície de erosão bastante ampla. Se em decorrência de novos episódios tectônicos, atuando no sentido vertical, essa superfície de erosão for soerguida os processos erosivos reativados escavarão a topografia nas faixas de rochas mais tenras. Por outro lado, as rochas resistentes das antigas dobras emergirão, assumindo a forma de cristas dispostas paralelamente na paisagem. O relevo assim formado é conhecido como relevo apalachiano ou relevo de estrutura apalachiana (Op. Cit).

b) Relevo apalachiano – O relevo apalachiano desenvolve-se a partir do relevo Jurássico (Figura 8.7). A sua ocorrência, depende de algumas condições, tais como:

1. Ocorrência de afloramento paralelos de camadas rochosas duras e tenras;
2. Heterogeneidade de material rochoso dobrado e arrasado pela erosão;
3. Existência de um fenômeno tectônico capaz de acarretar o levantamento da área para provocar uma retomada das ações erosivas.

Esse tipo de relevo, em geral, apresenta estas características:

- a) Cristas paralelas;
- b) Conjunto de vales que geralmente se dispõem sobre rochas tenras;
- c) Rede de drenagem superimposta.

Observa-se, portanto, que a superimposição dos cursos fluviais se faz sobre uma superfície de erosão discordante sobre dobras, previamente arrasada. A drenagem predominante do relevo apalachiano caracteriza-se por sua disposição paralela e ortogonal ao da dobra, distinguindo-se nesse tipo de estrutura uma variedades de rios (sinclinais, anticlinais, ortoclinais, cataclinais e anaclinais) que a exemplo do relevo de *cuestas*, seguem a direção ou mergulho das camadas.

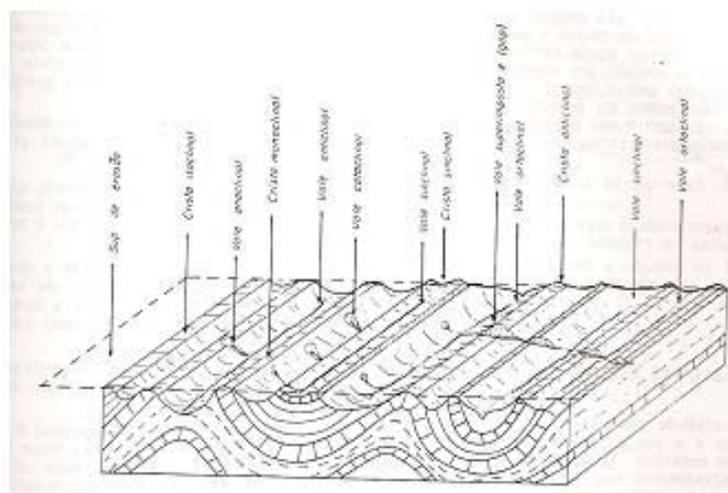


Figura 8.7 – Organização da drenagem em relevo Apalachiano. (Fonte: Pentead, 1978).

RELEVO EM ESTRUTURA DÔMICA

Em Geologia, a definição de domo refere-se a um tipo de estrutura em que as camadas formam uma espécie de intumescência local no meio de uma bacia sedimentar (AB'SÁBER, 1975). Resulta de atividade intrusiva (plutonismo ou fenômenos magmáticos) que implicam em bombeamento com conseqüente elaboração de abobada topográfica.

Salienta Casseti (1990) que os melhores exemplos são observados sobretudo em seqüências sedimentares cujos estratos obedecem a conformação imposta pelo corpo intrusivo, o qual responde por metamorfismo de contato alterando o comportamento físico das próprias rochas.

Um domo pode atingir de 100 a 200 Km de diâmetro. Essa dimensão varia segundo a proporção do corpo intrusivo que pode estar (*sill*, lacólito, lopólito, facólito) ou não (diques, *necks*, apórfises, batólitos) concordantes

com as rochas encaixantes ou segundo planos de estratificação ou xistosidade. Normalmente são de origem tectônica (material proveniente do sima ou parte superior do manto) apesar dos domos salinos serem entendidos como resultantes de processos tectônicos (baixa densidade do cloreto de sódio que tende a ocupar um nível superior em relação às rochas sobrejacentes (CASSETI, 1990).

Como afirmam Jatobá e Lins (2008), a maioria dos domos é antiga. Desde muito tempo, foram estruturas geológicas positivas e estiverem submetidas a vários períodos de truncamento pela erosão. Os raros domos jovens são bem menores, mas, mesmo assim, exigem um grau considerável de dissecação. Nessa categoria enquadram-se os domos lacolíticos, domos de sal ou domos resultantes de diastrofismo localizado no pleistoceno, como, por exemplo, o domo de Westem Coyote, na bacia de Los Angeles.

Geralmente após efeitos erosivos, associados a processos epirogênicos positivos, a estrutura dômica tende a proporcionar o desenvolvimento de uma morfologia circular ou oval (Figura 8.8 e 8.9) dada a resistência no só de corpo intrusivo, como também das rochas encaixantes que foram submetidas a metamorfismo de contato.

A depender do ataque erosivo em um domo o seu núcleo pode expor rochas resistentes e brandas. Se as rochas expostas são frágeis, a parte central do domo pode se converter numa depressão topográfica. Neste caso, teremos uma inversão topográfica, ou seja, uma saliência estrutural materializada como uma depressão topográfica. Em vez disso, se as rochas expostas do núcleo são mais resistentes do que as que estão sendo removidas, a topografia do domo pode chegar a ser de morros ou até de montanhas.

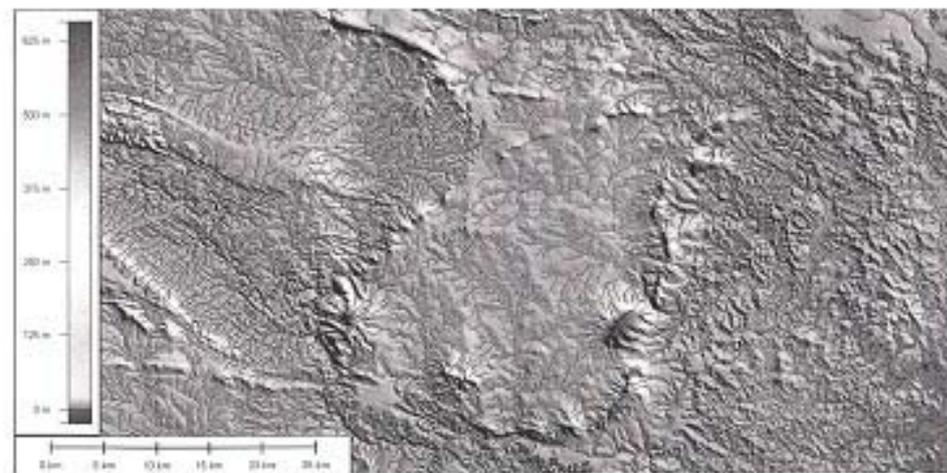


Figura 8.8 – Domo estrutural de Itabaiana-Sergipe.

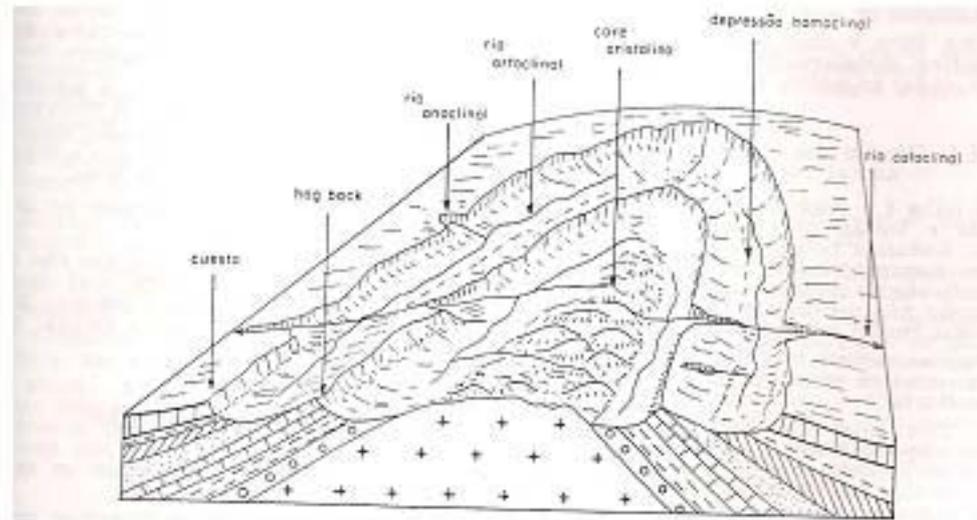


Figura 8.9 – Domo maduro com drenagem radial e anelar. Cuestas e *hog-backs*. (Fonte Pentead, 1978).

TIPOS DE ESTRUTURA DÔMICA

- a) Domo batolítico – formado por intrusão de material ígneo provocando o arqueamento convexo das camadas sedimentares de cobertura. Podendo esse arqueamento ser concomitante com a intrusão ou posterior.
- b) Domo lacolítico – produzido por intrusão de rochas ígneas entre os planos de acamamento dos estratos sedimentares, formando uma massa lenticular convexa para cima.
- c) Domos salinos – pequenas estruturas salientes produzidas pela intrusão de sal no interior de estratos rochosos. Variam na forma circular, alongada, triangular e no tamanho de 1 a 5 Km de diâmetro.

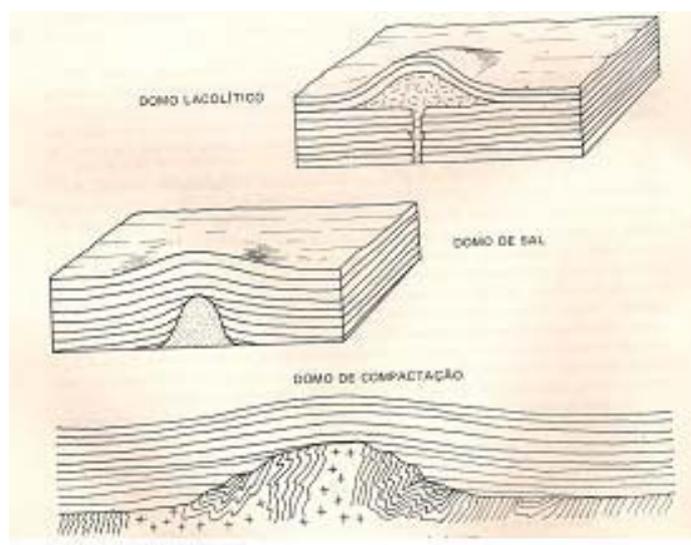


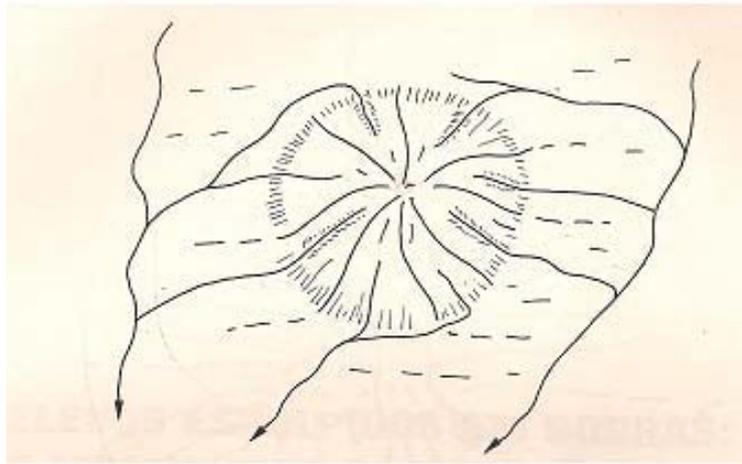
Figura 8.10 – Tipos de domos. (Fonte: AB' Sáber, 1975).

DRENAGEM DÔMICA

No início da evolução a drenagem é radial. A erosão, sendo mais ativa na porção mais convexa da estrutura, facilita o entalhe e o rompimento das camadas resistentes (Figura 8.11).

Desse modo se explica a abertura de uma depressão circular no topo do domo, formando a partir daí um relevo de *hog back* (com inclinações fortes) e *cuestas* (mergulhos suaves) com o *front* voltado para o interior da zona circular ou do core cristalino (PENTEADO, 1978).

Num estágio erosivo mais avançado a drenagem torna-se anelar ou circular, para no final desorganizar-se com setores arqueados e retilíneos.



8.11 – Domo com drenagem radial inicial. (Fonte: AB' Sáber, 1975).

RELEVO EM ESTRUTURA FALHADA

Falha é um tipo de fratura ao longo do qual os blocos rochosos se movimentam, em qualquer direção (movimentos verticais ou horizontais), paralelamente à superfície da fratura.

A falha é o produto de esforços de compressão e tensão sobre material rígido da crosta traduzida no terreno por deslocamento ou desnivelamento (Figura 8.12).

ELEMENTOS DE UMA FALHA

a) Plano de Falha – é a superfície decorrente do falhamento e na qual os blocos se deslocam. É na maioria das vezes observável, apresentando-se em degraus escalonados que indicam o sentido do movimento, demonstrando qual dos blocos subiu ou desceu.

- b) Linha de Falha – é a linha que resulta da interseção do plano de falha com a superfície do terreno;
- c) Rejeito – é a medida do deslocamento linear de pontos originalmente contíguos;
- d) Espelho de Falha – é o escarpamento inicial voltado para o compartimento rebaixado;
- e) Capa – é o bloco que se acha na parte superior de um plano de falha inclinado;
- f) Lapa – é o bloco que se acha na parte inferior de um plano de falha *inclinado*

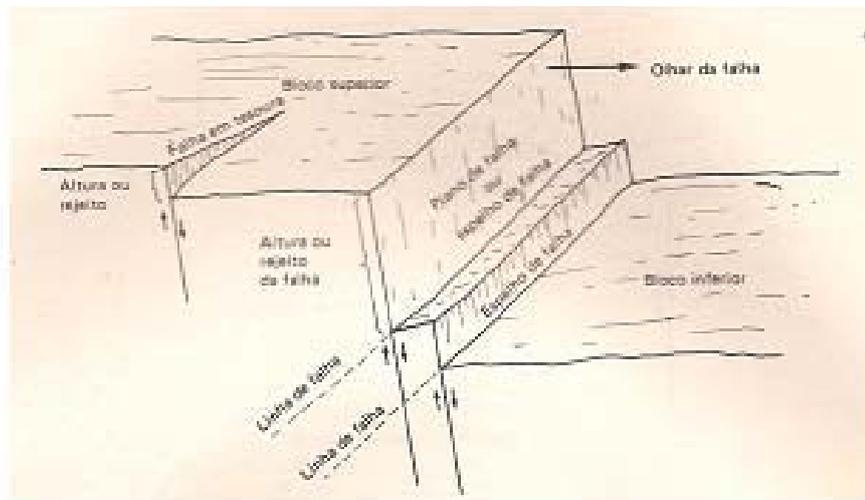


Figura 8.12 – Bloco falhado. (Fonte: Ab' Sáber, 1975).

CLASSIFICAÇÃO DAS FALHAS

- a) Falha vertical – (bloco deprimido em relação a outro plano vertical);
- b) Falha normal – (resulta da tensão da crosta);
- c) Falha inversa – (um bloco empurrado sobre o outro. O plano é oblíquo);
- d) Falha transcorrente – (plano de falha vertical e o deslocamento é horizontal);
- e) Falha em acavalamento - (plano de falha é oblíquo. Um bloco sobremonta outro).

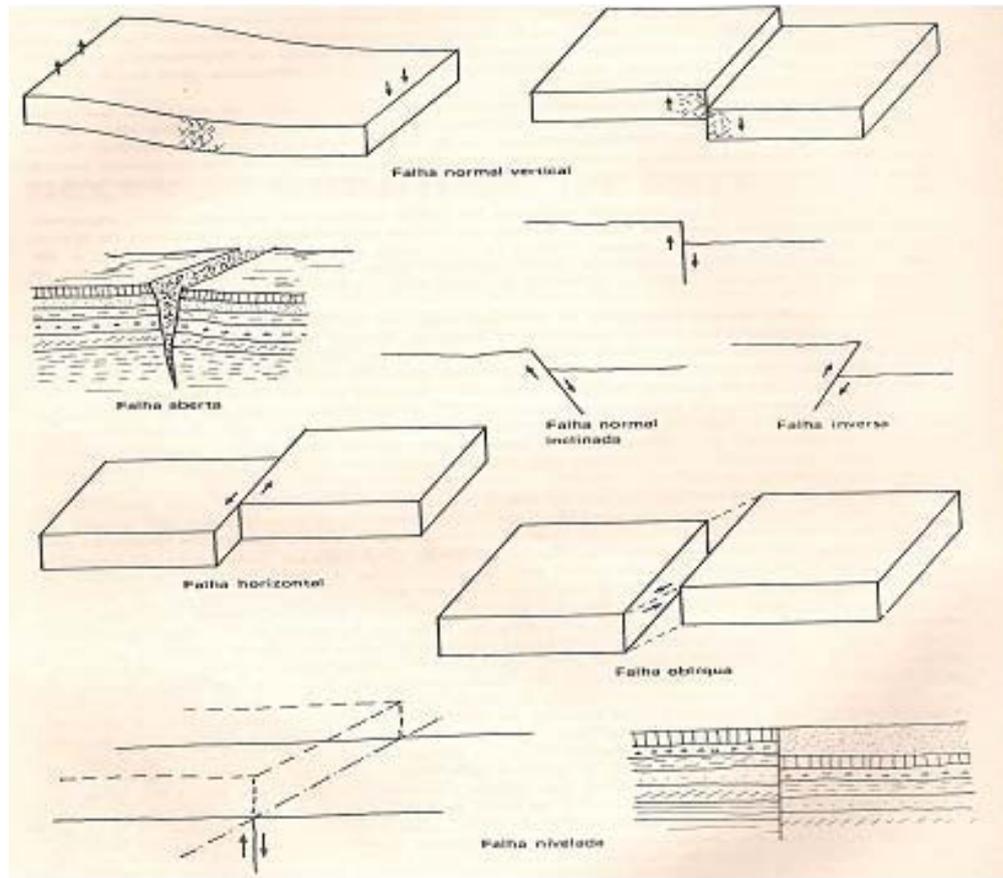


Figura 8.13 – Tipos de falhas. (Fonte: AB' Sáber, 1975).

ESTRUTURAS FALHAS

- Estrutura em degraus – deslocamento de pequena amplitude, criando no conjunto, grandes desníveis pela soma dos rejeitos.
- Estrutura em *horst* – é um compartimento estruturalmente elevado, delimitado literalmente por duas falhas ou por degraus de falhas.
- Estrutura em *graben* – constitui o negativo do horst. São comportamentos da crosta afundados entre falhas ou degraus de falhas.

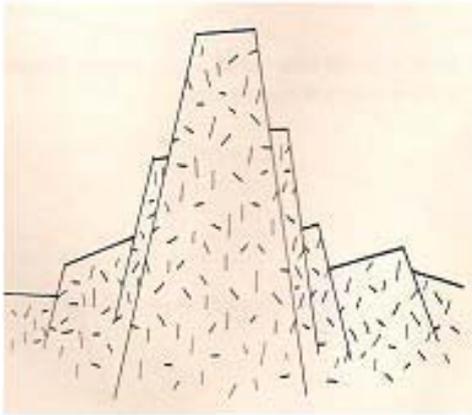


Figura 8.14 – Pilar tectônico (*borst*).
(Fonte: AB' Sáber, 1975).

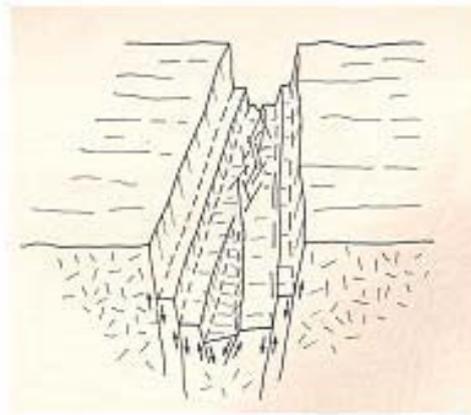


Figura 8.15 – Fossa tectônica (*graben*).

CONCLUSÃO

As rochas dobradas e falhadas são exemplos evidentes de que toda a crosta esteve submetida a esforços tectônicos e que eles continuam atuando até os dias atuais. A estrutura dobrada caracteriza-se pelas deformações do material rochoso plástico, nas camadas geológicas, cujo elemento resultante é a dobra. A falha é o produto de esforços de compressão e tensão sobre o material rígido da crosta traduzida no terreno por deslocamento ou desnivelamento, e o termo refere-se a um tipo de estrutura em que as camadas formam uma espécie de intrusmescência local no meio de uma bacia sedimentar. Desde muito tempo, os domos foram estruturas geológicas positivas e estiveram submetidos a vários períodos de truncamento pela erosão.

RESUMO

O fenômeno da tectônica de placas processa-se em escala global, mas encontra-se evidenciado segundo direções preferenciais ou regionais. Além dos movimentos verticais (tectonismo quebrantável) causadores de falhas e fraturas, a crosta terrestre sofre, também, as interferências de movimentos horizontais, de caráter compressivo, que acarretam a formação de dobras (tectonismo plástico). Além dessas formas de relevos, a estrutura dômica resulta de atividade intrusiva que implicam em bombeamento com conseqüente elaboração de abobada topográfico.



COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

Seguindo o exemplo da aula anterior, a primeira questão você resolverá consultando o *dicionário Geológico-Geomorfológico*. As demais deverão ser respondidas com base no conteúdo da aula.



PRÓXIMA AULA

Na aula 9, trataremos do relevo cárstico, cujas características morfológicas apresentadas permitem enquadrá-lo na classificação de estruturas especiais.

REFERÊNCIAS

- AB' SABER, Aziz Nacib. **Formas de relevo**. São Paulo: Edart Ltda, 1975.
- CASSETI, Valter. **Ambiente e apropriação do relevo**. São Paulo: UFG, 1990.
- JATOBÁ, Lucivânio e LINS, Rachel Caldas. **Introdução a geomorfologia**. Recife: Ed. Bagaço, 5ª Ed., 2008.
- PENTEADO, H. M. **Fundamentos de Geomorfologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 1978.
- POP, J. H. **Geologia Geral**. Porto Alegre. Ed: JC, Rio Grande do Sul, 1999.
- WICANDER, R.; MOROE, J. S. **Fundamentos de Geologia**. São Paulo. Ed; Cengage Learning, 2009.