

LÓGICA E SISTEMÁTICA NA ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DE FOTOGRAFIAS AÉREAS EM GEOLOGIA

Paulo Cesar Soares
Alberto Pio Fiori

I - INTRODUÇÃO

O estudo de fotografias aéreas para obtenção de informações nos diversos campos das ciências da Terra tem sido, de modo geral, assistemático e comparativo. O poder de resolução da imagem fotográfica fica dependente, para seu intérprete, do conhecimento prévio de imagens de aéreas e feições similares. Constitui o chamado método das chaves, que se vem utilizando há mais de três décadas; embora muito tenha contribuído para o conhecimento geológico e geográfico, este método é autolimitativo, pois não apresenta as "regras do jogo" do processo de descoberta. (1)

As tentativas mais produtivas de definir um conteúdo e uma lógica comunicável na fotointerpretação surgiram das pesquisas de M. Guy (1966), tendo desenvolvido o método lógico de foto interpretação. No Brasil, este método foi divulgado essencialmente através de cursos apresentados por M. Guy e J. P. Riverau, cujos principais tópicos foram publicados por Riverau, em 1972.

Como resultado da preocupação de sistematizar um conjunto de conhecimentos de conteúdo e as "regras do jogo" que permitam a análise lógica da imagem fotográfica procuramos definir uma orientação no desenvolvimento da pesquisa. da imagem fotográfica. Neste trabalho, em oposição ao método das chaves, procuramos apresentar de forma sistemática, codificada, e lógica, subsídios para a teoria da fotointerpretação voltada para as ciências da Terra. Obviamente, esta parte comunicável da fotointerpretação necessita ser praticada para que se desenvolvam hábitos mentais, aptidões para a identificação e análise dos elementos da imagem.

O processo de foto interpretação envolve inicialmente a identificação dos elementos da imagem com os objetos e a análise das relações entre as imagens e, finalmente, a descoberta ou avaliação do significado e função dos objetos e suas relações.

Pode-se conceituar, assim, estes três processos:

- **fotoleitura:** reconhecimento e identificação dos elementos das imagens com os objetos correspondentes e sua repartição;
- **foto-análise:** estudo das relações entre as imagens, associação e ordenação das partes de imagens;
- **fotointerpretação:** estudo da imagem fotográfica visando à descoberta e avaliação, por métodos indutivos, dedutivos e comparativos do significado, função e relação dos objetos correspondentes às imagens.

A fotoleitura exige o conhecimento das técnicas e processos de obtenção da fotografia tais como: a câmara, a geometria da imagem, as propriedades da visão estereoscópica, as emulsões de impressão e as formas de energia captáveis. Constitui um requisito para o bom desempenho na análise e interpretação das fotos.

11 - FOTOANÁLISE

O processo de fotoanálise envolve inicialmente a fotoleitura. Para a análise de fotografias aéreas, alguns conceitos devem ser estabelecidos e constituem os elementos fundamentais na caracterização da imagem. A partir destes elementos, pode-se compor associações, definir formas, zonas de repartição dos elementos e seus limites.

A análise de aerofotos aplicada às geociências interessa fundamentalmente, os elementos naturais da paisagem. O relevo e a drenagem constituem os objetos principais da avaliação da imagem fotográfica para a obtenção de informações geológicas. A vegetação, quando não modificada pela ação do homem, reflete também, tal como relevo e drenagem, as condições geológicas e climáticas, constituindo critério auxiliar na análise e interpretação.

1. Textura e estrutura na imagem fotográfica

A menor superfície contínua e homogênea, distinguível na imagem fotográfica e possível de repetição, é denominada elemento de textura ou elemento textural. Uma das propriedades do elemento textural é a de repetição, com forma e dimensão definidas (Riverau, 1972). Um elemento textural pode ser a imagem de uma árvore, ou de parte da árvore, dependendo da escala; ou a imagem de uma parte da linha de drenagem ou de parte do relevo.

Uma mudança de direção ou de forma, na linha de drenagem ou na superfície do relevo, constitui uma mudança de elemento da textura. Por textura, entende-se o padrão de arranjo dos elementos texturais e representa a imagem de conjunto dada pela disposição das menores feições que conservam sua identidade na escala da fotografia.

Na análise das fotografias podemos separar diferentes graus de densidade de textura, ou seja, zonas com maior ou menor número de elementos texturais por unidade de área; densidade de textura é o inverso da distância média entre elementos texturais. Na figura 1 temos texturas de drenagem com densidades diferentes: na margem esquerda tem-se maior densidade de textura.

As variações na textura do relevo e da drenagem constituem a propriedade fundamental na análise da imagem, pois permitem separar feições com significado diferente ou associar feições com o mesmo significado, dado por condições naturais. Por outro lado, podemos ter texturas sem significado geológico, mas com significado florestal, sociológico etc. Estes conceitos podem ser ilustrados com uma imagem retirada da linguagem escrita:

a, b, c, d - constituem "elementos texturais",

c a d a - constitui uma "textura" com significado inteligível em nossa linguagem

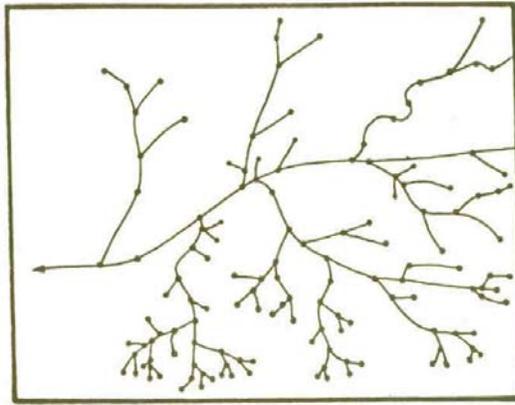


Figura 1 – Elementos texturais de drenagem.

Figura 1 - Elementos texturais de drenagem

c a d a - constitui uma "textura" sem significado inteligível em nossa linguagem.

Outro conceito importante é o de estrutura. O arranjo dos elementos texturais pode apresentar-se com uma disposição ordenada ou aleatória; a lei que exprime ou que define o padrão de organização no espaço dos elementos texturais denomina-se estrutura. O termo estrutura pode referir-se à lei de organização como à disposição ordenada; assim, ao arranjo radial dos elementos de textura denominaremos estrutura radial. Se identificamos o elemento de textura, como elemento de drenagem e a estrutura como radial, estamos diante de uma forma radial de drenagem; a forma exprime a disposição espacial de elementos texturais com propriedades comuns.

A forma pode ser caracterizada por cinco propriedades:

- 1º) propriedade dos elementos texturais;**
- 2º) densidade de textura;**
- 3º) estrutura;**
- 4º) grau de estruturação (ou intensidade);**
- 5º) a ordem de estruturação (ou grandeza).**

O grau de estruturação refere-se à regularidade de organização dos elementos texturais; assim, dizemos que uma forma é francamente estruturada, quando a lei de ordenação é mal definida, pouco regular ou pouco precisa; e, fortemente estruturada, em caso de disposição regularmente ordenada.

A ordem de estruturação qualifica a complexidade da organização dos elementos ou a superposição de padrões de organização. Tem-se uma estrutura de 1ª ordem, quando apenas uma lei define o padrão de ordenação, como no caso de disposição em linha reta de elementos texturais.

Na figura 2, ilustramos formas de textura de drenagem com diferentes propriedades.

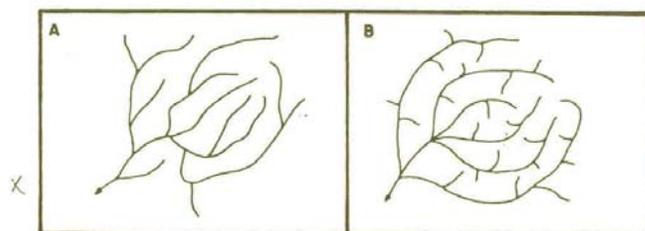


Figura 2 – A densidade e ordem de estruturação. Em A tem-se uma forma de

Figura 2 -A densidade e ordem de estruturação. Em A tem-se uma forma de 1º textura de drenagem, com 2º baixa densidade, 3º disposição anelar, 4º fracamente estruturada e 5º de 1ª ordem. Em B tem-se uma forma de 1º) textura de drenagem, com 2º densidade média de textura, 3º disposição anelar e radial, 4º fortemente estruturada e 5º de 2ª ordem (pois existem dois padrões superpostos).

Pode-se dizer que, quanto maior é o grau e a ordem de estruturação dos elementos texturais em uma forma, menor a possibilidade de ser casual. Exemplificando: uma forma de drenagem com as propriedades da Fig. 2B não existe por acaso: deve ser o resultado de fatores geológicos condicionados por uma estrutura similar.

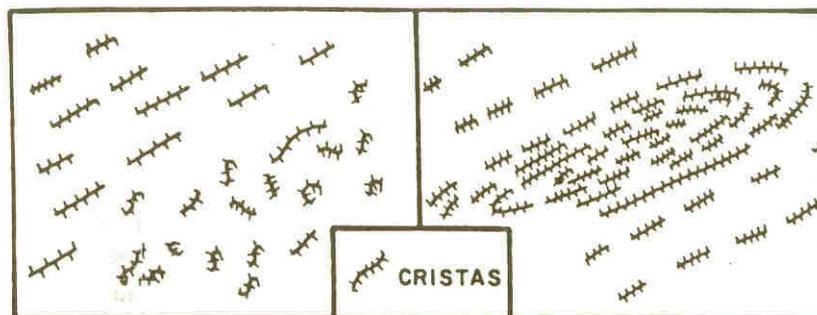


Figura 3 - Textura de relevo (elemento textural identificado: crista). Em A temos uma forma de: 1º textura de relevo, 2º com densidade média de textura, 3º disposição retilínea (acima) e irregular (abaixo) e 5º de 1ª ordem. Em B temos uma forma de: 1º textura de relevo, 2º com densidade baixa e alta (no centro), 3º elíptica, 4º fortemente estruturada e 5º de 1ª ordem.

2. Zonas homólogas e Limites.

As zonas de repartição dos elementos texturais e sua organização definem zonas homólogas, formadas pela repetição dos mesmos elementos texturais e a mesma estrutura.

Na fig. 3A podemos separar duas zonas homólogas de relevo: uma, formada por elementos texturais retilíneos de relevo fortemente estruturado, e outra, constituída por elementos texturais curvos, irregulares, não estruturados. Na fig. 3B distingue-se também duas zonas homólogas de relevo: uma central, com densidade de textura, e outra externa, com alta densidade. Podemos considerar zonas homólogas apenas de estrutura, onde diferentes elementos texturais estão ordenados, segundo uma mesma lei.

As zonas da imagem com propriedades texturais e/ou estruturais diferentes são separadas por limites. Quando um limite coincide com uma forma linear estruturada, temos um limite definido pela propriedade desta forma. Considera-se limite progressivo quando as propriedades de uma zona homóloga são substituídas progressivamente pelas propriedades de outra. Podemos considerar, ainda, um limite envoltório quando separamos um conjunto de propriedades texturais e/ou estruturais diferentes sem que estas propriedades cubram toda a zona limitada (fig. 4).

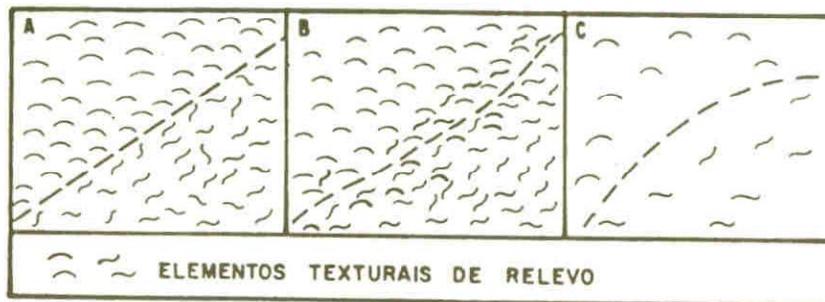


Figura 4 – Limites: definido (A), progressivo (B) e envoltório (C) separando zonas homólogas com diferentes texturas de relevo.

Na fig. 3A, podemos traçar um limite envoltório separando a zona homóloga de forma estruturada da não estruturada. O mesmo procedimento pode ser tomado quanto à fig. 3B. Nesta, porém, o limite pode coincidir com a forma linear estruturada dada pela ocorrência mais externa dos elementos de textura do relevo da zona de alta densidade, constituindo um limite definido.

Todas estas propriedades fundamentais da imagem dependem da escala de observação; seus valores são relativos, dentro do mesmo nível de investigação, variando com o grau de resolução da análise, e com a qualidade da imagem.

3. Análise da forma da rede de drenagem

A rede de drenagem traçada de forma sistemática e uniforme pode fornecer informações de grande importância, especialmente quanto à estrutura geológica da área; variações no estilo estrutural e, mais grosseiramente, nas facies litológicas, podem ser obtidas com rapidez sobre mapas de drenagem detalhado e apresentado em escala, 2 a 4 vezes menor que a escala em que a drenagem foi originalmente traçada. As propriedades mais importantes a serem analisadas são descritas, resumidamente, a seguir:

1º-densidade de textura de drenagem (fig. 5A);

2º-sinuosidade dos elementos texturais de drenagem; podemos classificar visualmente em predominantemente curvos; predominantemente retilíneos; e curvos e retilíneos (mistos) (fig. 58). Os elementos retilíneos são considerados lineações de drenagem, enquanto a disposição em linha reta das lineações de drenagem constitui um alinhamento de drenagem.

3º- angularidade: refere-se ao ângulo de confluência dos elementos de drenagem. Podemos classificar zonas homólogas de drenagem em função desta propriedade: baixa (ângulos agudos - < 600) média (ângulos retos - > 600 < 1200) alta (> 1200) (Fig. 5C).

4º- tropia: é a propriedade dos elementos de drenagem se desenvolverem segundo uma direção preferencial. Quanto a esta propriedade, podemos considerar a estrutura da drenagem tendo em vista a presença de uma ou mais direções de linhas de drenagem francamente dominantes (fig. 50).

- *unidirecional*

- *bidirecional*

- *tridirecional*

- *multidirecional* (isótropa): estruturada ou não estruturada.

5º- assimetria: A assimetria da rede de drenagem é caracterizada pela presença de elementos com tamanho ou estrutura sistematicamente diferentes, de um lado e de outro, do elemento maior. A assimetria fraca é caracterizada apenas por diferença no tamanho dos elementos e a forte é caracterizada por tamanho e forma (fig. 5E).

6º - lineações de drenagem: são elementos de drenagem fortemente estruturados, retilíneos ou em *arco*.

Na rede de drenagem podem aparecer formas anômalas diferentes do arranjo geral dos elementos de drenagem; cada forma anômala deve ser considerada e ter seu significado investigado. Na fig. 5F apresentamos exemplos de formas anômalas com significado geológico.

Analisada segundo estas propriedades, com facilidade podemos descrever e definir diferentes zonas homólogas de drenagem e caracterizar a interpretação.

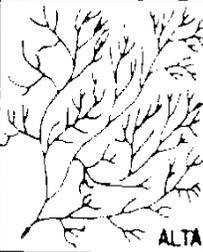
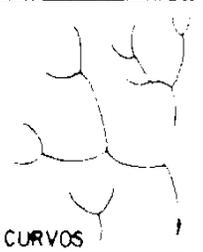
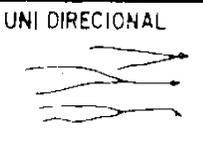
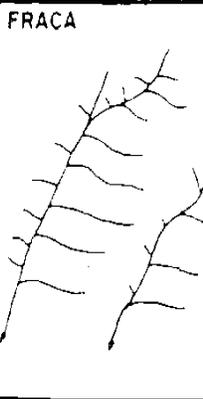
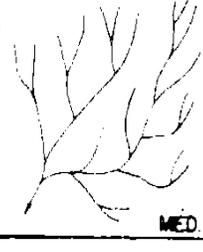
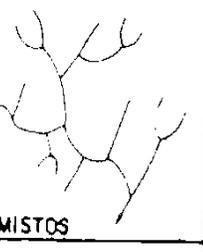
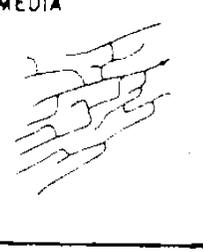
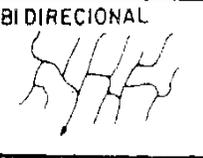
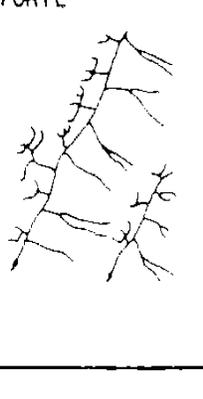
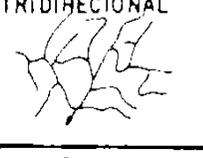
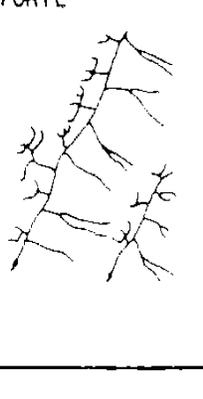
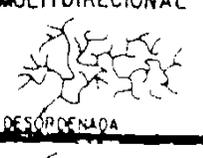
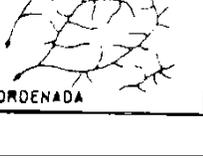
A - DENSIDADE	B - SINUOSIDADE	C - ANGULARIDADE	D - TROPIA	E - ASSIMETRIA	F - FORMAS ANÔMALAS
 ALTA	 CURVOS	 ALTA	 UNI DIRECIONAL	 FRACA	 MEANDROS ISOLADOS
 MED	 MISTOS	 MEDIA	 BI DIRECIONAL		 FORTE
 BAIXA	 RETILINEOS	 BAIXA	 TRIDIRECIONAL	 MULTIDIRECIONAL	
			 DESORDENADA		 ORDENADA

Figura 5 Propriedades da rede de drenagem. Critérios para classificação da rede de drenagem (Soares & Fiori, 1976)

4. Análise da forma do relevo

Os elementos fundamentais na análise do relevo para interpretação geológica são as rupturas de declive. As pequenas rupturas de declive definem os elementos texturais do relevo, caracterizados pelas menores variações bruscas, identificáveis na foto, da superfície do terreno. A disposição regular, definida no espaço, das rupturas de declive, constitui estrutura do relevo considerada como quebras negativas ou quebras positivas ou, ainda, lineações e alinhamentos de relevo. Uma quebra, negativa ou positiva, está contida em um plano ou em uma superfície regular, que define a forma de estruturação.

As principais propriedades de textura e estrutura do relevo são caracterizadas a seguir (fig. 6):

1º - Densidade de textura de relevo: constitui uma avaliação da quantidade de microfieções do relevo por unidade de área; a ausência destas microfieções ou elementos texturais de relevo dá uma densidade de textura de relevo nula. A presença de microrrelevo fino na superfície produz uma alta densidade de textura de relevo na imagem. A densidade de textura constitui um parâmetro de

elevada resolução na definição de zonas homólogas de relevo.

2º - Quebra positiva: é uma forma saliente no relevo originada pela disposição estruturada de rupturas de declive convexas para cima. Constituem as cristas do relevo, podendo ser abruptas (agudas) ou suaves. De modo geral, constituem limites definidos entre distintas zonas homólogas de relevo.

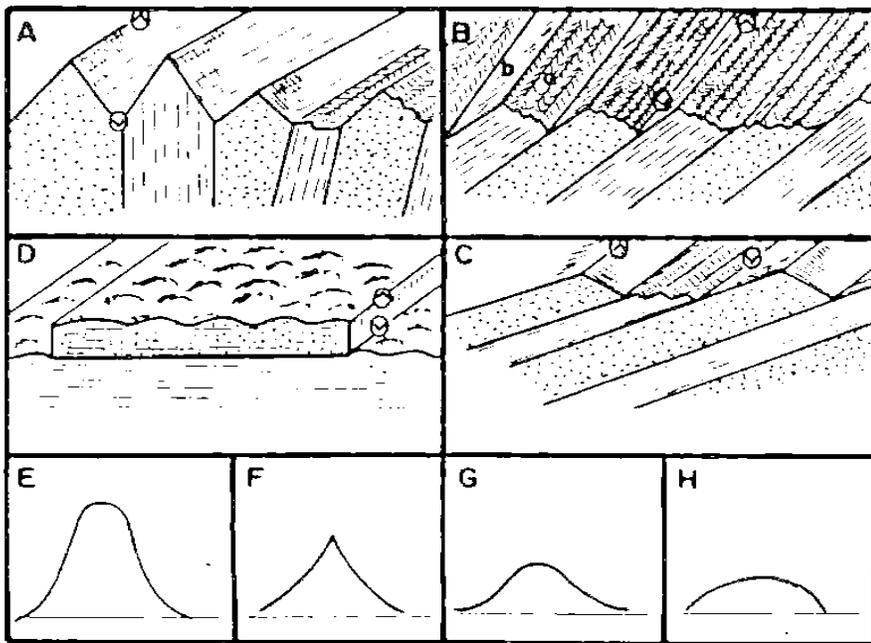


Figura 6 - Representação esquemática das formas de relevo desenvolvidas em diferentes padrões de estrutura geológica e materiais diversos: Densidade de textura de relevo alta (a) e baixa (b); quebras positivas (Λ) e negativas (V); Assimetria do relevo: simétrico (A), fracamente assimétrico (B), moderadamente assimétrico (C), fortemente assimétrico (D); Tipo de encosta: côncavo-retilíneo-convexa (E), côncava (F), côncavo-convexa (G) e convexa (H).

3º - Quebra negativa: constitui uma forma rebaixada no relevo, formada pela disposição estruturada das rupturas de declive com a concavidade voltada para cima. Como as quebras positivas, constituem limites definidos entre diferentes zonas homólogas de relevo.

4º - Assimetria do relevo: Considera-se relevo assimétrico quando as quebras negativas e positivas separam zonas de declividade maior e menor, ou com propriedades de relevo diferentes, alternadamente. Podemos, pelo exame da imagem, definir diferentes graus de assimetria e simetria:

- *fortemente assimétrico:* quando uma zona homóloga horizontal a sub-horizontal se opõe a uma zona homóloga fortemente inclinada;

- *moderadamente assimétrico*: quando duas zonas homólogas, com declives elevados e visivelmente diferentes pela densidade de textura de relevo, estão justapostas;
- *fracamente assimétrico*: quando as zonas homólogas justapostas apresentam declives aproximadamente iguais, mas se diferenciam pela densidade de textura de relevo;
- *simétrico*: quando as zonas homólogas com declives similares e divergentes apresentam as mesmas propriedades de textura de relevo.

5° - Lineações de relevo: são pequenas feições lineares, pouco salientes no relevo, fortemente estruturadas, retilíneas ou curvas; dependendo do grau de resolução da imagem, aparecem como uma forma linear fortemente estruturada dos elementos de relevo.

6° - Alinhamentos de relevo: constituem uma feição bastante saliente no relevo, com disposição retilínea ou levemente curva, e forte estruturação dos elementos de relevo; de modo geral, apresentam conjunto de lineações paralelas. Constitui uma crista simétrica ou levemente assimétrica.

7° - Forma das encostas: constitui uma propriedade de relevo bastante útil, embora de difícil caracterização. As formas das encostas são classificadas pelo tipo dominante de perfil apresentado na zona homóloga (figs. 6E-H):

- **perfil côncavo**
- **perfil convexo**
- **perfil côncavo-convexo**
- **perfil côncavo-retilíneo-convexo**

As diferentes propriedades da textura e estrutura do relevo, examinadas de forma combinada, permitem definir e caracterizar diferentes zonas homólogas, refletindo propriedades distintas das rochas.

III - FOTOINTERPRETAÇÃO

Caracterizadas as diversas formas de arranjo do relevo e da drenagem, podemos avaliar o seu significado e, desta forma, a partir das propriedades da imagem, estabelecer as propriedades do objeto. O passo seguinte no processo de fotointerpretação é definir o significado geológico, ou seja, a função do objeto.

A fotointerpretação deve atingir os resultados pretendidos, partindo da avaliação das propriedades mais simples e evidentes. A função principal da foto interpretação não é substituir o levantamento de campo; o mapa de fotointerpretação jamais será um mapa geológico. É um documento-base com muitas informações geológicas interpretadas, mas fundamentalmente com zonas

limitadas constituídas por rochas com propriedades similares, denominadas *zonas fotolitológicas*; as características petrográficas destas rochas só serão definidas no campo, porém algumas características físicas e químicas podem ser estabelecidas pela interpretação das imagens.

Na prática, a identificação dos elementos, a análise das formas e sua interpretação podem ser processos desenvolvidos quase simultaneamente, acompanhada de uma busca de significado da forma: para níveis mais complexos de interpretação vai-se tornando necessário o acúmulo de informações de análise. A imagem vai sendo decifrada, compondo-se estruturas com significado, cuja mensagem é interpretada e traduzida em termos geológicos.

Para facilitar a interpretação inicial dispõe-se de um conjunto de relações genéricas entre propriedades da imagem e propriedades do objeto, já conhecidas e definidas com um grau elevado de confiança e que podem ser facilmente reinterpretadas na área de trabalho. Estas relações derivam dos fatores que controlam as propriedades da imagem.

1. Fatores que controlam a textura e estrutura da imagem:

Dentre os diversos fatores que controlam as propriedades de textura e estrutura das formas, consideraremos apenas os relacionados com as formas de relevo e drenagem. O estabelecimento destes fatores e seus efeitos depende do conhecimento que se tem das propriedades dos materiais e da dinâmica atuante no processo morfogenético. Isto significa que, quanto maior o conhecimento geológico e geomorfológico do fotointérprete, maior será a quantidade de informações obtidas através da foto.

A – Fatores morfogenéticos

Na fotointerpretação devemos ter em conta aqueles fatores com atuação marcante nos processos de elaboração das formas de relevo e drenagem e independentes do substrato geológico. Esse tema pode ser amplamente estudado em uma vasta bibliografia sobre sistemas geomorfológicos (v. Christofolletti, 1973; Howard, 1965; Schumm e Lichty, 1965). Devemos considerar os fatores clima, tectônica, nível base, descarga de água e sedimento. Além destes, outro fator deve ser considerado: o tempo, representando a perspectiva histórica da evolução do sistema. Por outro lado, quando examinamos o processo geomorfológico sem uma perspectiva temporal, apenas como sistema em equilíbrio dinâmico, o tempo passa a ser uma variável irrelevante. Dentro da perspectiva de evolução cíclica, o tempo é uma variável independente; formas diferentes, dentro de um conjunto de outros fatores modificadores iguais, resultam do tempo durante o qual o processo agiu naquele ciclo; isto porque, com o tempo há redução da energia erosiva, ou perda de energia do sistema, se não houver realimentação do sistema por outros fatores.

A morfologia da rede de drenagem e das vertentes, considerada num contexto de tempo geológico, a ponto de permitir variações cíclicas, é uma variável dependente. Todos os demais fatores sendo iguais e constantes, as formas de drenagem e de relevo apresentar-se-ão diferentes quando resultantes de situações historicamente diferentes. Como consequência, encontramos em uma mesma área formas de drenagem e relevo em aparente contradição com o estado atual do sistema.

Neste mesmo contexto de tempo geológico, a vegetação é uma variável dependente. Depende do clima, da litologia e também do relevo e da drenagem. Porém, dentro de um sistema em equilíbrio ou estável, a vegetação e a drenagem podem se constituir em variáveis independentes. O substrato geológico, as litologias e as estruturas, apresentam-se também como variáveis independentes: à medida que o processo erosivo se desenvolve diferentes litologias e estruturas são expostas a este processo. O fator clima condiciona o desenvolvimento das formas de relevo e

drenagem através da variação do desenvolvimento da cobertura vegetal, na produção da carga detrítica e na energia de transporte. As formas de relevo evoluem diferentemente sob condições climáticas diferentes, atuando durante um intervalo de tempo suficiente para o ajustamento do sistema. As oscilações climáticas ocorridas no Quaternário permitiram o desenvolvimento de formas de relevo que permanecem na paisagem atual como formas herdadas ou estados prévios. Muitas vezes dificultam a interpretação por definirem zonas homólogas, com propriedades muito diferentes, para as mesmas propriedades do substrato.

Ainda outro fator com influência efetiva na evolução do relevo é a tectônica recente. O soerguimento pode ser generalizado ou local, lento ou rápido, modificando o gradiente da rede de drenagem ou estabelecendo níveis de base locais. O soerguimento aumenta a energia potencial do sistema, enquanto a subsidência reduz. A história geológica da Terra é caracterizada por movimentação cíclica: fases com um mínimo de áreas submetidas a processos de soerguimento e um máximo de áreas subsidentes, foram sucedidas por fases com um máximo de áreas em soerguimento. Desde o fim do Terciário os continentes sofrem o efeito de uma fase de soerguimento generalizado episódico, alimentando o sistema geomorfológico em energia potencial. Em muitos locais este soerguimento é diferencial, produzindo formas de relevo e de drenagem diferentes sobre áreas com mesmas propriedades litológicas e estruturais, ou, ainda, reduzindo o gradiente da drenagem, elevando o suprimento detrítico e criando extensas planícies aluviais.

Destas rápidas considerações sobre fatores morfogenéticos, queremos apenas alertar que existem diversas variáveis no sistema geomorfológico, cujos efeitos podem ser no mesmo sentido ou em sentidos opostos. Que em uma pequena área o clima médio é o mesmo, o tempo registrado na foto é o mesmo, a tectônica recente é diferencial e a geologia é diferencial: que, além disto, podemos ter registros históricos da paisagem desenvolvidas em estados prévios do sistema, onde tais variáveis podem ter sido diferentes, indicando que o sistema não foi totalmente ajustado às novas variáveis.

Algumas regras podem ser estabelecidas para avaliar o sentido de desenvolvimento de um sistema considerando isoladamente uma variável, ou seja, tomando as demais como constantes:

- a) quanto maior a amplitude altimétrica, em uma área com mesma densidade de drenagem, maior a declividade das vertentes ou encostas;**
- b) quanto maior a declividade da vertente, maior é a energia disponível para remoção de material e redução da declividade;**
- c) redução da declividade é maior onde o processo não é limitado pela meteorização: ou, a maior suscetibilidade ao intemperismo desloca o sistema no sentido do rebaixamento da declividade;**
- d) outros fatores sendo iguais, a maior declividade e maior amplitude altimétrica são o resultado do controle exercido pela maior resistência do material aos processos de remoção;**
- e) outros fatores sendo iguais, quanto maior a densidade de drenagem menor é a capacidade de retenção da água e a permeabilidade do substrato.**

B - Fatores litológicos

Estes fatores dependem das propriedades físicas e químicas dos maciços rochosos, e são os seguintes:

1º Resistência à erosão: A resistência de um maciço depende, inicialmente, do grau de alterabilidade da rocha ou sua maior ou menor resistência ao intemperismo químico; em segundo lugar, do grau de consolidação, ou maior ou menor facilidade de desagregação ou resistência à destruição física do maciço. Rochas com diferentes composições químicas apresentarão resistência diferencial aos processos erosivos e texturas de relevo diferentes: -Maciços rochosos cobertos por espesso manto de intemperismo apresentarão as mesmas propriedades de rochas facilmente desagregáveis. Assim, os maciços rochosos com maior alterabilidade apresentarão maior erodibilidade. Outros fatores sendo iguais, existe relação direta entre a resistência à erosão ou à erodibilidade do maciço rochoso e a presença das formas mais ou menos rebaixadas; a dinâmica intemperismo (fornecimento de material erodível) e remoção será diferente numa área com mesmo nível base (mesma energia potencial de erosão), em função das diferenças de alterabilidade do material. O melhor critério analítico para interpretar os diferentes graus de erodibilidade resulta do exame das formas de encosta ou vertentes. A evolução das encostas é um processo bastante complexo. Não é nossa intenção discuti-lo; uma discussão ampla, atualizada e facilmente compreensível do tema pode ser encontrada em Christofolletti (1974: 25 – 51).

O desenvolvimento dos diferentes tipos de vertentes pode ser explicado a partir do balanço entre a intensidade de intemperismo ou eluviação (produção do material erodível) e a capacidade de transporte ou remoção. Grosseiramente podemos considerar a capacidade de transporte em uma área como função da energia potencial de remoção ou, ainda, da diferença do nível em relação ao nível base local. Desta forma, as áreas mais rebaixadas do relevo não devem ter esta característica por estarem mais próximas dos vales maiores; contrário, os vales maiores estão aí situados porque os processos erosivos encontraram menor resistência, rebaixando mais rapidamente o relevo.

Considerando para uma mesma área o mesmo potencial erosivo durante o ciclo geomorfológico em que se desenvolve o relevo presente, pode-se relacionar as formas de encosta côncavas, côncavo-convexas, convexas e côncavo-retilíneo-convexas pelas diferentes resistências oferecidas pelo maciço rochoso aos processos denudacionais. Ou, de outra forma, pelo balanço entre velocidade de intemperismo ou eluviação (índice de alterabilidade) e velocidade de remoção. Desta forma, podemos caracterizar zonas fotolitológicas pelas diferentes resistências ao intemperismo-erosão, relativas umas às outras, em função das formas de encostas dominantes:

a) **Não resistentes (nR)** - velocidade de intemperismo maior que a de remoção. Neste caso dominam solos espessos, encostas rebaixadas devido ao volume elevado de material disponível para remoção. A maior parte das encostas é convexa e evolui por rastejamento de solo e erosão por escoamento difuso;

b) **Pouco resistentes (pR)** - velocidade de intemperismo aproximadamente igual à velocidade de remoção; a parte mais elevada da encosta é convexa e evolui por rastejamento de solo e erosão por escoamento difuso e a parte inferior sofre erosão por escoamento concentrado, apresentando forma côncava;

c) **Resistentes (R)** - velocidade de intemperismo menor que a velocidade de remoção. Em todo o perfil da encosta, a capacidade de erosão e remoção é maior que o volume de material intemperizado, havendo erosão por escoamento concentrado e dando forma côncava à encosta;

d) **Muito resistentes (mR)** - velocidade de intemperismo muito menor que a capacidade de erosão. O perfil côncavo da encosta alonga-se devido à velocidade lenta de erosão do material rochoso nas partes mais elevadas, passando a evoluir por queda de blocos e avalanchas;

desenvolve-se uma seção retilínea do perfil; o topo da encosta, não chegando a ser atingido pela erosão concentrada, desenvolve perfil convexo.

Esta dinâmica de formação de encosta, apresentada sucintamente, permite a interpretação das diferentes resistências oferecidas pelas rochas ao intemperismo. Isto porque, em uma área em que o nível base é o mesmo, a energia potencial de erosão também é a mesma (ou menor onde a topografia é mais baixa), de maneira que as diferenças de forma de encosta mostram uma boa correlação com a resistência diferencial ao intemperismo. Por outro lado, nas condições climáticas tropicais, onde o intemperismo químico é dominante, as diferentes formas de encostas representarão diferentes composições químicas das rochas.

A resistência à erosão pode ser uma propriedade anisotrópica dos materiais: neste caso pode-se desenvolver formas salientes ou rebaixadas fortemente estruturadas. As quebras positivas são interpretadas como o resultado da maior resistência do material à erosão, em um plano estrutural ou superfície regular do material. E inversamente interpretam-se as quebras negativas. As quebras negativas podem constituir excelentes limites entre zonas fotolitológicas.

As rochas relativamente mais resistentes ao intemperismo tendem a apresentar maior densidade de relevo, por manterem maior irregularidade na superfície. Onde a cobertura superficial ou os solos são mais espessos, a densidade de textura de relevo é menor.

2° - Permeabilidade: Permeabilidade é uma propriedade dos materiais, caracterizável pela maior ou menor facilidade com que um fluido percola um meio poroso. A permeabilidade pode ser o resultado da comunicação entre os espaços intergranulares das rochas ou materiais inconsolidados ou, ainda, entre os espaços produzidos por fraturamento. Em rochas clásticas e materiais inconsolidados, varia com o tamanho dos grãos e com sua seleção: em organoquímicas depende da solubilidade e impurezas e em rochas ígneas varia com a intensidade de fraturamento.

Para uma área com o mesmo índice pluviométrico, a permeabilidade é inversamente proporcional à densidade de drenagem, pois densidades maiores significam menor potencial de infiltração e vice-versa. Onde os maciços rochosos são cobertos por espessos mantos de material inconsolidado, a densidade de drenagem refletirá mais a espessura e permeabilidade desses materiais.

A permeabilidade é a propriedade mais facilmente interpretada e útil em áreas de rochas sedimentares. Podemos qualificar esta propriedade tendo em vista as densidades relativas dentre as zonas homólogas: baixa (mD), média (D) e alta (pD) etc.

3° - Plasticidade e ruptibilidade: Entende-se por plasticidade a capacidade de um material ser deformado sem ruptura. _ o inverso da ruptibilidade. Rochas com diferentes plasticidades apresentarão diferentes comportamentos em relação aos esforços geológicos de compressão e tensão. As rochas tendem a apresentar fraturamento sistemático independente dos processos ou ciclos tectônicos que sofreram. Tal fraturamento é o efeito de movimentos regulares da crosta continental, como as marés continentais e a deriva dos continentes ou, ainda, efeito de variações no eixo de rotação da terra (v. Badgley, 1970). Rochas penecontemporâneas, com diferentes graus de ruptibilidade, apresentarão menor ou maior grau de fraturamento.

Zonas de fraturamento, por serem mais facilmente atacadas pelos processos meteóricos e erosivos, constituem zonas de desenvolvimento preferencial de linhas de drenagem retilíneas: aos elementos de drenagem fortemente estruturados, retilíneos ou em arco, denomina-se lineações de drenagem. Interpreta-se como traços de fratura, quando estabelecidos sobre faixas de concentração de fraturamento. Zonas homólogas com maior densidade de traços de fratura refletem rochas com menor grau de plasticidade. Na área de trabalho, durante a análise, podemos qualificar zonas homólogas de diferentes densidades de traços de fratura, embora com limites arbitrários. Verificamos ser possível

utilizar os seguintes limites: mF - mais de 50 % dos elementos de drenagem são traços de fratura; F - entre 10 e 50 % são traços de fratura; pF - menos de 10% são traços de fratura;nF - não apresentam traços de fratura.

As lineações de drenagem são interpretadas como traços de fratura quando retilíneas e bi - a multidirecionais, pois os esforços aplicados sobre as rochas fraturam-nas em duas ou mais direções.

4° - Solubilidade: A Solubilidade _ uma propriedade que expressa a suscetibilidade de um material de ser dissolvido. As rochas sedimentares químicas, tais como calcários e sal-gema, apresentam relativamente às demais rochas alta solubilidade, sob a ação das águas meteóricas. Sobre estas rochas desenvolvem-se formas especiais de relevo, dependendo das condições climáticas, como dolinas, funis, chaminés, e de drenagem, como vales ocultos, que podem ser identificados com facilidade no exame estereoscópico da imagem. Tem-se menor densidade de drenagem sobre rochas mais solúveis, pois desenvolvem-se escoamento em subsuperfície.

5° - Tropia - As estruturas de acamamento, bandeamento, xistosidade e gnaissificação conferem à rocha propriedades anisotrópicas (Wernick e Sinelli (1970)), condicionando o desenvolvimento orientado das formas de relevo e de drenagem. Quando os planos de anisotropia não são cortados pela superfície topográfica, as formas de relevo e de drenagem desenvolvem-se como se as rochas fossem isótropas. As propriedades que definem a anisotropia são os alinhamentos de relevo, lineações de relevo e lineações de drenagem.

Nas análises das imagens podemos definir zonas homólogas ou fotolitológicas com diferentes graus de orientação das formas, refletindo diferentes tipos de propriedades anisotrópicas ou graus de anisotropia na fase exposta das rochas. Assim sendo, as rochas que exprimem de modo mais evidente suas propriedades anisotrópicas são aquelas fortemente dobradas. Considerando os seguintes graus de orientação:

a) Muito orientada (mO) : é caracterizada pela presença de alinhamentos de relevo. lineações de relevo e de drenagem. Os alinhamentos de relevo representam corpos litológicos tabulares espessos;

b) Moderadamente orientadas : (O) é caracterizada pela presença de lineações de relevo e de drenagem. As lineações de relevo, em arco ou retilíneas, são interpretadas como traços de acamamento, e constituem a ex, pressão da exposição de pequenas camadas mais resistentes ao intemperismo ou a intersecção das camadas com a superfície. As formas de relevo são alongadas na mesma direção;

c) Pouco orientadas (pO): apresentam apenas lineações de drenagem correspondentes a traços de foliação. As lineações de drenagem são interpretadas como traços de foliação quando em forma de arco ou retilíneas mantêm regularidade na orientação: quando não acompanhadas de traços de acamamento refletem a direção de propriedades anisótropas do tipo xistosidade, bandeamento e gnaissificação em rochas pouco heterogêneas. As formas de relevo apresentam pequeno alongamento na mesma direção das lineações;

d) Não orientadas (nO): não apresentam nenhuma das três propriedades. As formas de relevo tendem a ser isométricas.

Fundamentados nas relações entre as propriedades litológicas e as propriedades de textura e estrutura da imagem, cuja consistência pode ser avaliada para cada área de trabalho, podemos interpretar o significado litológico das diferentes zonas homólogas ou zonas fotolitológicas.

C - Fatores Deformacionais

Os diversos fatores resultantes de deformações sofridas pelas rochas controlam o relevo e a drenagem afetando as propriedades da imagem de formas diferentes. Tais deformações podem ser grosseiramente classificadas em mecânicas, térmicas e químicas. Dentre estas deformações, destacaremos as originadas por tectonismo (falhamentos e dobramentos).

Os elementos estruturais de mais simples interpretação são os mergulhos das estruturas e as fraturas: falhamentos e dobramentos são representados por estruturas de modo mais complexo (2)

1º- Atitudes de camadas : As camadas são estruturas que se originaram geralmente em posição horizontal ou quase horizontal. Quando submetidas a deformações têm sua posição original modificada. Interessa ao geólogo definir a direção da camada e o valor e sentido do mergulho. Com técnicas fotogramétricas simples e formas favoráveis, o valor do mergulho pode ser medido, utilizando-se a resolução do problema de três pontos cotados.

Através da propriedade de assimetria do relevo e da drenagem, podemos fazer uma avaliação rápida destes elementos da estrutura geológica, pelo menos definindo classes de valor de mergulho (fig. 7).

Em camadas sub-horizontais (mergulhos menores de 3°) desenvolve-se relevo fortemente assimétrico, com mergulho acompanhando o declive da zona homóloga sub-horizontal (fig. 7I): a rede de drenagem apresenta forma bidirecional, com angularidade média, elementos curvos e retilíneos (figo 7J).

Em camadas suavemente inclinadas (3° - 10°) o relevo, regra geral, é moderadamente assimétrico (fig. 7G); o mergulho das camadas controla o declive do relevo e da drenagem: a drenagem é unidirecional com angularidade baixa ou bidirecional assimétrica (figo 7H): o mergulho é no sentido do escoamento nos elementos subparalelos ou de baixa angularidade.

Em camadas medianamente inclinadas (10° - 30°) desenvolve-se relevo moderadamente assimétrico (fig. 7E) e drenagem assimétrica, com mergulho acompanhando o declive da zona homóloga de menor densidade de textura de relevo ("superfície homogênea") e da drenagem subparalela (fig. 7F).

Em camadas fortemente inclinadas a subverticais dificilmente são avaliáveis os valores dos mergulhos em virtude do exagero vertical da visão estereoscópica. O relevo é fracamente assimétrico e o mergulho é no sentido do declive da zona homóloga de menor densidade de relevo (figo 7C). quando os mergulhos estão entre 30° a 60° aproximadamente: para mergulhos maiores o relevo é simétrico (figo 7 A). A rede de drenagem tem forma unidirecional com angularidade média e a direção dominante desenvolve-se paralelamente à direção das camadas (figo 78 e D).

As lineações de relevo interpretadas como traços de acamamento, são excelentes indicadores de direção e mergulho, pois o mergulho será no sentido da concavidade (fig. 7C): sobre o traço de acamamento o mergulho pode ser medido. As lineações de drenagem, interpretadas como traços de foliação, indicam a direção estrutural: estes elementos são excelentes feições para a construção de mapas de "trend" estrutural.

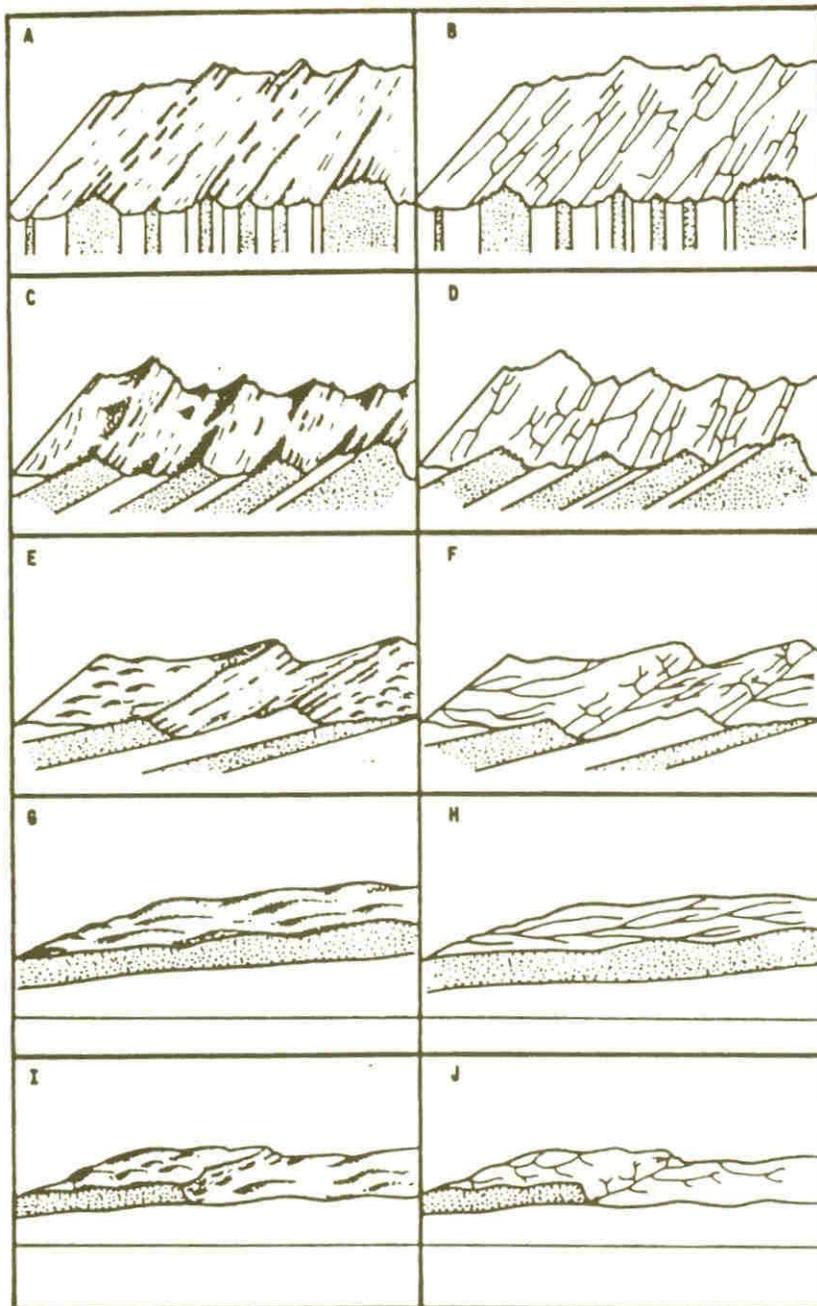


Figura 7 – Avaliação da estrutura geológica através das propriedades das formas de relevo e drenagem

(2) Embora não desejamos, neste trabalho, levar em conta a nomenclatura geomorfológica descrita das formas de relevo relacionadas com a tipologia estrutural, devemos lembrar que sua utilização é útil e facilita a fotointerpretação. A nomenclatura morfoestrutural encontra-se conceituada nos trabalhos de Thornbury 119691, Penteadó 119741 e Christofolletti 11975 a. 1975 b e 1975 c). todas de acesso fácil ao leitor brasileiro.

2º- Fraturas : Já foi visto em outro parágrafo que as fraturas (ou juntas) são refletidas

na imagem através dos traços de fratura ou lineações de drenagem, retilíneas: em áreas de mergulhos subverticais, ocorrem traços de foliação retilíneos. Consideram-se traços de fratura as lineações de drenagem com direções diferentes das correspondentes a traços de foliação.

Os traços de fratura correspondem a zonas de concentração de juntas. Deve ser considerado um limite máximo para o tamanho do traço de fratura, Lattman e Matzike (1961) consideraram este limite em uma milha (1.600m); Northfleet *et al* (1971) consideraram 3.5km. A importância deste limite está em que a partir de certa extensão as fraturas sofrem deslocamento dos blocos, comportando-se como falhas. A análise estrutural com base em traço de fratura é discutida, dentre outros, por Northfleet e Bettini (1971) e por Fiori e Soares (1974).

3º- Falhamentos : O falhamento é um fenômeno geológico caracterizado pela movimentação diferencial de blocos ou pacotes de rochas ao longo de um plano: as falhas são fraturas nas rochas ao longo das quais ocorreram deslocamentos relativos entre um lado e outro. Na fotointerpretação pode-se reconhecer esta estrutura geológica, com base em alguns modelos de formas estabelecidas logicamente.

O modelo fotointerpretativo completo de falhas é representado por uma descontinuidade de zonas homólogas ao longo de um alinhamento (fig. 8). As zonas homólogas refletem a disposição das unidades litológicas: o alinhamento de relevo ou de drenagem é a expressão do plano ou faixa de ruptura, com posição subvertical. O movimento relativo dos blocos pode ser definido pela posição espacial de zonas homólogas correspondentes de um e outro lado do alinhamento.

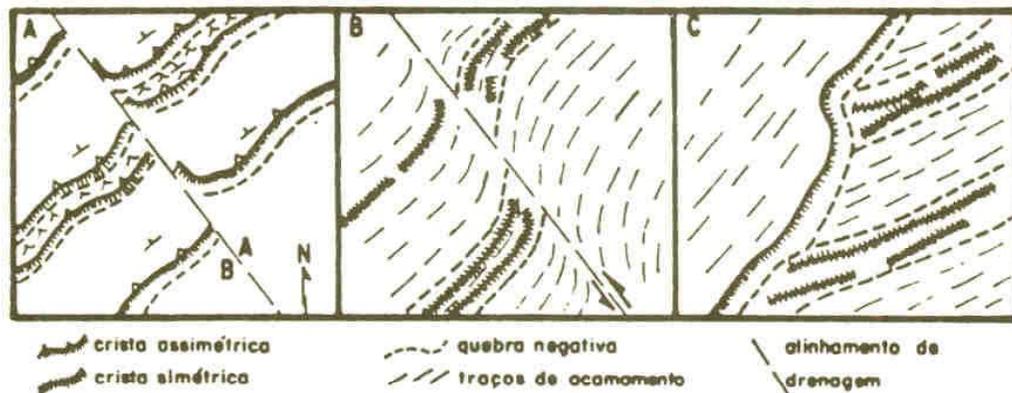


Figura 8 - Modelos fotointerpretativos de falhas: descontinuidades de zonas homólogas ao longo de um alinhamento.

Três situações mais simples e comuns podem ser identificadas na fotointerpretação. Na fig. 8A temos representação de um modelo de falhas de alto ângulo, por causa da expressão retilínea do plano de ruptura sob a forma de lineações de drenagem e relevo; o mergulho das camadas é dado pela assimetria do relevo, sendo a estrutura medianamente inclinada. No bloco que se eleva (A), as zonas homólogas ficam geograficamente deslocadas no sentido do mergulho (bloco NE). Na figura 8B temos modelo de falha com alto ângulo, interpretada pela expressão retilínea do plano através do alinhamento de drenagem em rochas com mergulho subverticais (cristas simétricas e lineações de relevo retilíneas). O deslocamento é no sentido anti-horário, tendo em vista a posição das zonas homólogas correspondentes e as dobras de arraste. Na figura 8C, a linha de descontinuidade é uma quebra sinuosa expressando a posição pouco inclinada do plano, que pode ser interpretado como falha

ou como discordância angular.

4º- Dobras : Os modelos fotointerpretativos para a interpretação de dobras podem ser desenvolvidos a partir de dois tipos principais: dobras com mergulhos suaves e dobras com mergulhos altos: podem atingir formas tão complexas como a própria estrutura, como em casos de superposição de dobramentos. Na interpretação de uma estrutura dobrada interpreta-se cada indicação de mergulho e/ou direção das camadas.

Nas estruturas com mergulhos suaves, as formas assimétricas de drenagem e relevo são bem desenvolvidas. Na fig.9 apresentamos modelo teórico de formas de relevo e drenagem em estruturas anticlinais e sinclinais. Drenagem com baixa angularidade (subparalela) divergente nos anticlinais e convergente nos sinclinais. Elementos de drenagem de maior ordem (3ª ou 4ª) contornam a estrutura, simulando linhas de forma.

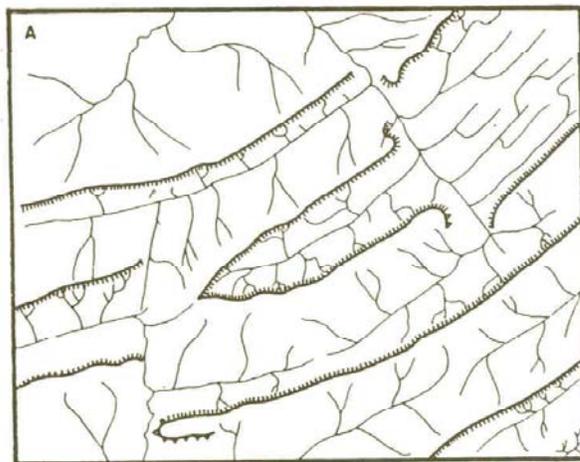


Figura 9 - A - modelo de drenagem e relevo em áreas moderadamente dobradas.

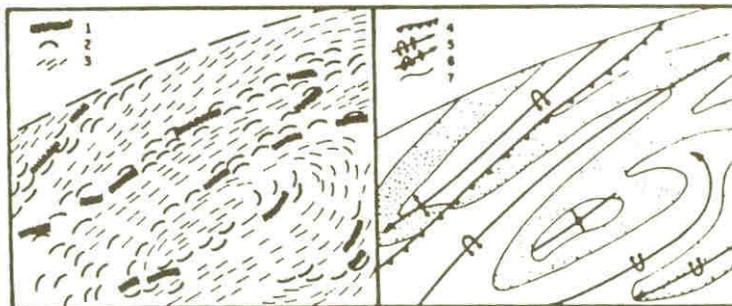


Figura 9B – modelo fotointerpretativo da estrutura pelas propriedades da drenagem e relevo.

Nas estruturas muito dobradas deve-se desenhar, analisar e interpretar os traços de acamamento (lineações de relevo) e traços de foliação (lineações de drenagem), formando representação de "trends" estruturais, narizes, descontinuidades produzidas por falhas etc., que permite definir alguns elementos geométricos da estrutura e, possivelmente, sua classificação. Na fig. 10 apresentamos o modelo interpretativo destes tipos de estruturas.

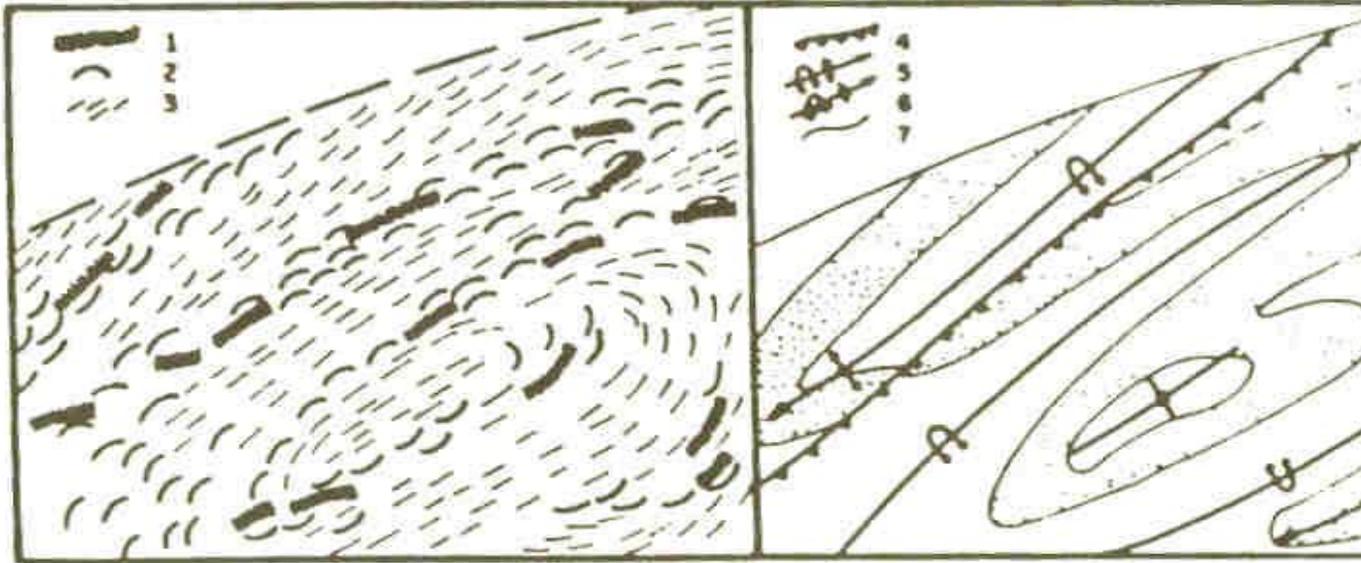


Figura 10- Modelo fotointerpretativo de áreas fortemente dobradas. Elementos de análise : 1- Alinhamento de relevo; 2- traço de acamamento; 3- traço de foliação. Interpretação: 4- falha de empurrão; 5- anticlinal; 6- sinclinal; 7- limite de zona homóloga.

Três exemplos de interpretação da estrutura geológica são apresentados na fig. 11. Em 11 A temos uma rede de drenagem desenvolvida em áreas moderadas a fortemente dobradas, exibindo anticlinais e sinclinais fechados. Em 11 B temos uma forma de drenagem fracamente estruturada, anelar-radial com elementos maiores convergentes, indicando tratar-se de uma bacia estrutural. Em 11 C os elementos maiores são divergentes com assimetria bem definida: trata-se de uma estrutura dômica.



Figura 11- Exemplo de interpretação da estrutura geológica pelas formas da rede de drenagem: A-áreas moderadas e fortemente dobradas, B- baixo estrutural, C- alto estrutural(domo).

IV - APLICAÇÕES E CONCLUSÕES

A potencialidade da fotointerpretação como método de investigação dos fatos e fenômenos presentes na superfície da Terra é inimaginável. Tem, porém, um limite implícito no fato de que a foto representa um registro instantâneo de energia refletida pela superfície fotografada. Como documento para inventário e distribuição areal de fatos é o mais preciso. Como documento para interpretação através de conclusões lógicas permite que o intérprete obtenha sempre informações parciais e se supere, substituindo-as por outras, com a ampliação do seu conhecimento entre causas e efeitos, ou entre as variáveis (processos e respostas-formas) que constituem fenômenos probabilísticos.

O grau de confiança da fotointerpretação será definido pela probabilidade de as formas serem os resultados da atuação das variáveis consideradas. Os modelos fotointerpretativos não constituem documentos que possam ser invocados como comprobatório da interpretação que se pretenda fornecer, em um trabalho. Constituem apenas uma forma de se comunicar a direção na qual as variáveis tendem a agir.

Como campos de maior rendimento da fotointerpretação nos estudos geológicos podemos citar o mapeamento geológico de detalhe e semi detalhe, os estudos para implantação de obras de engenharia, para captação de recursos hídricos, estudos estratigráficos e estudos estruturais.

Para mapeamento geológico deve-se preparar inicialmente um mapa de fotointerpretação sistemática, contendo (fig. 12):

1º) alinhamentos de relevo, quebras negativas e positivas, lineações de drenagem e de relevo (12A):

2º) limites de zonas fotolitológicas (12B):

3º) propriedades das zonas fotolitológicas (12B):

4º) Elementos indicativos da estrutura geológica: mergulhos, falhas, dobras e fraturas:

5º) Se necessário, podem ser traçados os limites de zonas homólogas de drenagem com sua interpretação estrutural.

O passo seguinte é a obtenção de um controle de campo onde os elementos de informação da fotointerpretação são traduzidos em termos geológicos e documentados com a informação direta: a revisão da fotointerpretação e preparação dos mapas geológicos constituem as fases finais.

Em estudos para implantação de obras de engenharia, o uso da imagem fotográfica permite obter uma série de informações na fase de anteprojeto, com rapidez e baixo custo. Pode ser feita uma avaliação rápida e econômica das condições do terreno, visando a selecionar as áreas ótimas para a implantação de uma obra de engenharia em sua fase inicial. Muitas áreas que apresentam problemas especiais de construção podem ser definidas e delimitadas, com variável grau de precisão. Podemos resumir o papel da fotointerpretação, no trabalho de avaliação das potencialidades e limitações do meio físico para fins de construção, e na avaliação de algumas propriedades fundamentais das rochas, como sendo:

1º) estanqueidade: avaliação da permeabilidade e grau de fraturamento pela drenagem. Direção de fluxo acompanhando as discontinuidades nos corpos litológicos:

2º) espessura de solo: coberturas de material inconsolidado (eluvial ou coluvial) espessas associadas a encostas convexas, baixa densidade de textura de relevo;

3º) exposição de "rochas duras": encostas côncavas ou retilíneas; alta densidade de textura do relevo;

4º) capacidade de suporte: "rochas duras";

5º) alterabilidade: avaliação de balanço eluviação x remoção através da forma das encostas:

6º) mobilidade de massa: discontinuidades litológicas acompanhando o declive de encostas; fluxo de solo em encostas convexas com elevado gradiente; avalanches e quedas de rochas em encostas retilíneas de elevado gradiente; solapamento rotacional, encostas íngremes com alternância na vertical de camadas muito e pouco competentes.

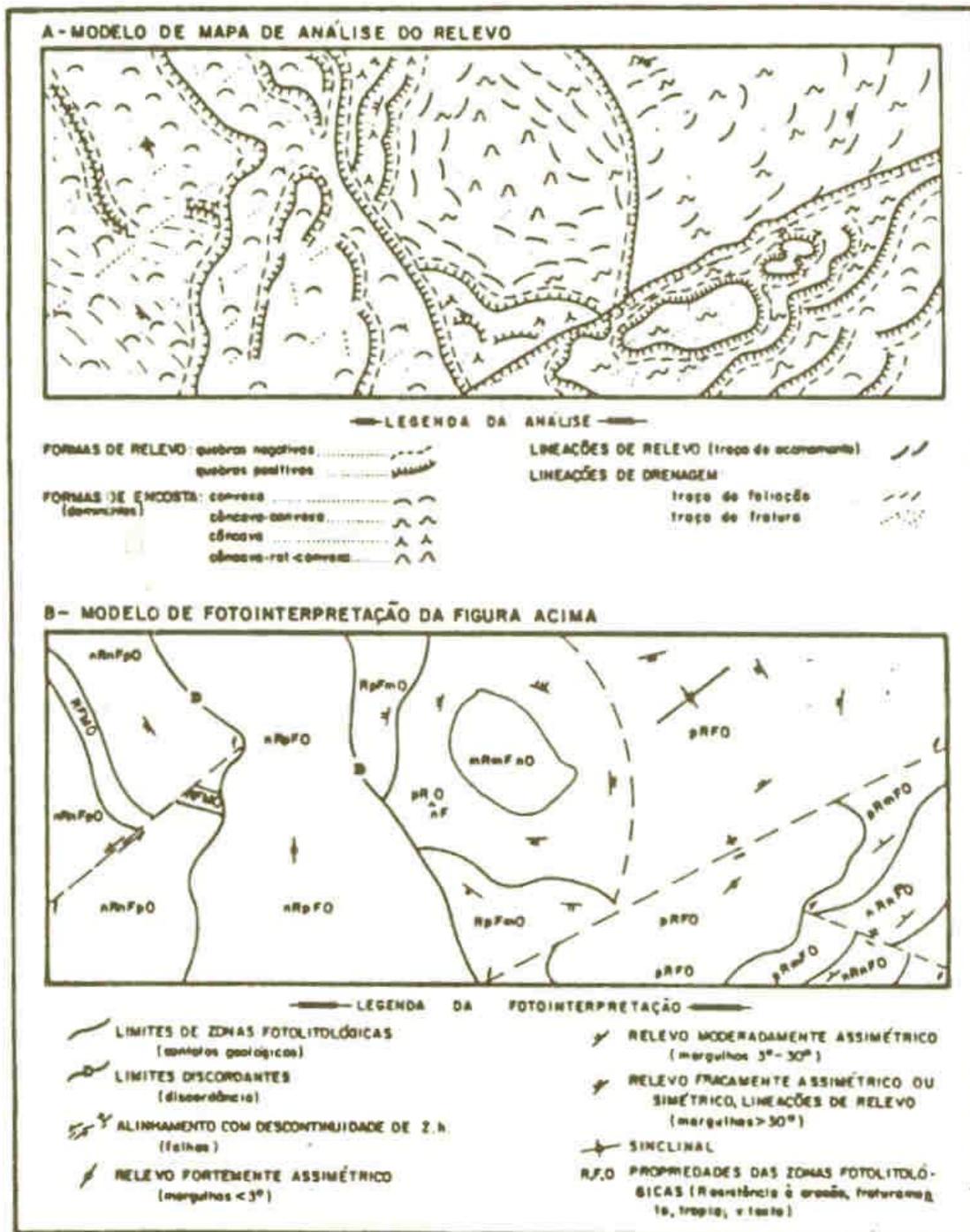


Figura 12 – Modelos de análise (A) e interpretação geológica (B) do relevo.

Também algumas características dos processos geomorfológicos, especialmente daqueles ligados a rápidas modificações no meio ambiente, que conduziram a aceleração de uma atividade na busca do reajustamento do sistema, podem ser assinaladas, e são as seguintes:

1º) Movimentos de massa: cicatrizes de desliz, escorregamento de solo (formas elípticas ou cônicas sem cobertura vegetal); cicatrizes de quedas de rocha (superfícies inclinadas de rocha nua com blocos e matacões no sopé); cicatrizes de avalanches (sulcos assoreados em solo e rocha e leque de dejeção);

2º) Assoreamento de vales, lagos ou represas: leito maior dos rios cobertos de sedimentos, sem solo e sem cobertura vegetal:

3º) Erosão acelerada: vales escavados em solo ou sedimentos inconsolidados, sem cobertura vegetal nas paredes, evoluindo por solapamento lateral ou entalhe (voçoroca e ravinas):

4º) Lagoas ou baixios colmatados com sedimentos e material orgânico (zonas planas com tonalidade escura):

5º) Áreas sujeitas a inundações periódicas: planícies de inundação e encostas em leque de avalanches.

A aplicação a estudos estratigráficos pode ser desenvolvida a partir das variações laterais das propriedades litológicas ou facies fotolitológicas, continuidade de zonas fotolitológicas e definição de horizontes-guia ou horizontes fotolitológicos, os quais podem ser seguidos por grandes distâncias. A aplicação à pesquisa de recursos hídricos subterrâneos pode ser através da definição das propriedades litológicas e estruturais das camadas, definindo zonas favoráveis à recarga (permeabilidade) e estruturas favoráveis à captação (bacias, zonas de fraturamento, etc). Muitas outras aplicações no campo das geociências, ou do planejamento de uso da terra, da pedologia, da vegetação e ainda outras áreas do conhecimento, apresentam potencialidade pouco conhecida e pouco utilizada.

De qualquer forma, o objetivo proposto no trabalho não foi esgotar o conhecimento e potencialidades da interpretação das imagens fotográficas, mas dar uma fundamentação lógica e sistematizar os critérios de foto interpretação. A partir disto, parece-nos ficarem melhor definidas as "regras do jogo" do processo de análise e interpretação de fotografias. O rendimento e potencialidade dependem da habilidade do fotointérprete em criar o problema, defini-lo em termos de propriedades de formas da imagem fotográfica e avaliar o significado real da solução descoberta..

BIBLIOGRAFIA

BADGLEY, P. C. (1959) - Structural methods for the exploration geologist. Harper e Brothers, publishers, New York.

CHRISTOFOLETTI, A. (1973) - As teorias geomorfológicas – NOTÍCIA GEOMORFOLÓGICA, 13 (25): 3 a 42.

CHRISTOFOLETTI, A. (1974) - Geomorfologia. Edgar Blucher EDUSP, São Paulo, 149 págs.

CHRISTOFOLETTI, A. (1975 a) - Controle estrutural em Geomorfologia. In. "Enciclopédia Mirador Internacional", vol. 6, págs. 2854 - 2858.

CHRISTOFOLETTI, A. (1975 b) - Cuesta. In "Enciclopédia Mirador Internacional", vol. 7, págs.

3104 - 3106.

CHRISTOFOLETTI, A. (1975 c) - Drenagem fluvial. In "Enciclopédia Mirador Internacional", vol. 7, págs. 3510 - 3511.

FIORI, A. P. e SOARES, P. C. (1974) - Traço de fratura, significado tectônico e hidrogeológico. (inédito).

GUY, M. (1966) - Quelques principes et quelques expériences sur la methodologie de la photo-interpretation. Acte du 11 Symposium International de Photo-Interpretation, vol. 1, págs. 21 - 41, Paris.

HOWARD, ALAN D. (1965) - Geomorphological Systems - equilibrium and dynamics. Amer. Journal of Science 263 (4): 302 - 312 (Tradução – Equilíbrio e dinâmica dos sistemas geomorfológicos - Noticia Geomorfológica, 13 (26): 3 - 20,1973.).

LATTMAN, L. H. e MATZIKE, R. H. (1961) - Geological significance of fracture trace in photogrammetric engineering. The American Society of Photogrammetry, 27 (3).

LUEDER, D. R. - (1959) - Aerial Photografic Interpretation. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York, Toronto, London.

MILLER, V. C. - (1961) - PHOTOGEOLOGY. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York - Toronto, London.

NORTHFLEET, A. A.; BETTINI, C. e CHAVES, H. A. F. (1971) - Aplicação de geomatemática à prospecção de petróleo análise de fraturas por poliedros ortogonais - Anais do XXV Congresso Brasileiro de Geologia vol. III - págs.61 a 70 - São Paulo.

PENTEADO, MARGARIDA M. - (1974) - Fundamentos de Geomorfologia. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Rio de Janeiro.

RAY, RICHARD G. (1963) - Fotografias aéreas na interpretação e mapeamento geológico. Instituto Geográfico e Geológico, São Paulo, 2 volumes.

RICCI, MAURO e PETRI, SETEMBRINO (1965) - Princípios de aerofotogrametria e interpretação geológica. Companhia Editora Nacional, São Paulo, 226 págs.

RIVERAU, J. C. (1972) - Notas de aula do curso de fotointerpretação - Publicado - pela Soc. Intern. Cult. Esc. Geol. (Ouro Preto) em XI Semana de Estudos.

SCHUMM, S. A. e LICHTY, R. W. (1965) - Time, Space and Causality in Geomorphology. Amer. Jour. Science 263: 110 - 119 (Tradução Tempo, espaço e causalidade em Geomorfologia - Notícia Geomorfológica, 13 (25):43 - 62, - (1973).

THORNBURY, WILLIAN D. (1969) - Principles of Geomorphology. John Wiley and Sons, New York.

VERBARA, L. M. L. - Manual de fotogeologia. Servicio de Publicaciones de La J. E. N., Madrid, 1971.

WERNICK, EBERHARD e SINELLI, OSMAR - (1970) Análise estrutural em Geomorfologia. Notícia Geomorfológica, 10 (20): 39 - 54.

ZARUS, JORGE – (1960) – Notas de fotogeografia. Notícia Geomorfológica, 3 (6): 31 – 49.