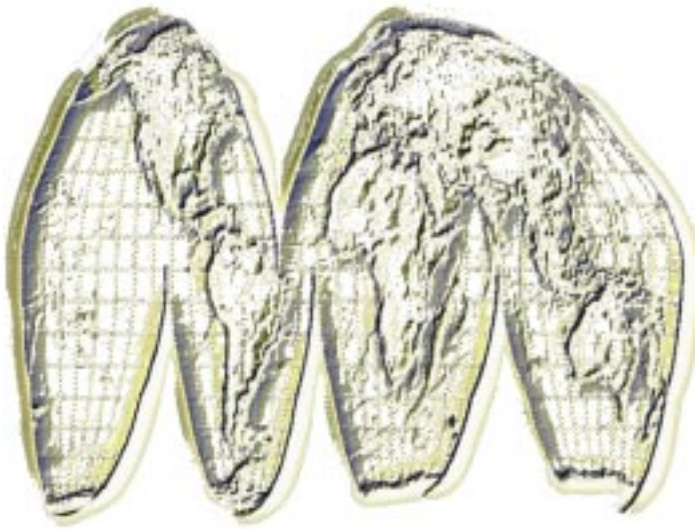
Interpretação de Imagens da Terra



CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO

BRITALDO SILVEIRA SOARES FILHO
britaldo@csr.ufmg.br

Departamento de Cartografia
Centro de Sensoriamento Remoto

UFMG

2000

SUMÁRIO

pg.

1. Introdução	**1**
2. Seleção de produtos de Sensoriamento Remoto	**2**
3. Influência da geometria de aquisição na seleção da época de coleta de dados	**5**
4. Seleção de bandas espectrais/potencial de aplicações	**7**
5. O contraste de imagens	**8**
6. O processo de interpretação de imagens	**10**
7. Os elementos de interpretação	**10**
8. O método da chaves	**13**
9. As fases da interpretação	**16**
10. Referências bibliográficas	**17**

1) Introdução

A interpretação visual dos dados de Sensoriamento Remoto sob a forma digital ou analógica (fotografias aéreas e imagens orbitais) busca a identificação de feições impressas nessas imagens e a determinação de seu significado. Em resultado, a interpretação de imagens consiste em um processo para a obtenção de mapas temáticos através da utilização de dados de Sensoriamento Remoto. Nesses termos, a interpretação de imagens tem que ser vista não como um processo completo em si mesmo mas apenas como um passo para a construção de um mapa de uma dada região, posto que a informação extraída das imagens necessita ainda de ser conferida através de verificação de campo. Nesse sentido, os trabalhos de campo são muito importantes, tanto para auxiliar no levantamento de áreas de treinamento que servem para extração de padrões amostrais e definição de chaves de interpretação, como também para corrigir, aperfeiçoar e validar o mapa obtido da interpretação visual.

As áreas de aplicação da interpretação de imagens são inúmeras, como é o caso do próprio Sensoriamento Remoto. Alguns exemplos a citar são: uso do solo, geologia, pedologia, urbanismo, vegetação, agricultura, limonologia, geomorfologia, oceanografia etc. Desse modo, a importância do Sensoriamento Remoto para o Geoprocessamento está no fato que este consiste atualmente na maior fonte de dados para os SIGs, sobretudo em países carentes de informações cartográficas atualizadas, como é o caso do Brasil (Fig. 1). Portanto, como vantagens do Sensoriamento Remoto, pode-se citar que é então através da interpretação de seus produtos que são obtidos os mapas de regiões remotas, de difícil acesso, e sobretudo a um menor custo, permitindo também a detecção de objetos e fenômenos não perceptíveis pela visão humana, através da utilização de outras faixas de radiação eletromagnética além do visível, como o infravermelho, e ainda possibilitando ter visão global - sintética ou sinótica - sobre uma região ou fenômeno estudado, através da utilização de imagens de satélite de cobertura regional.

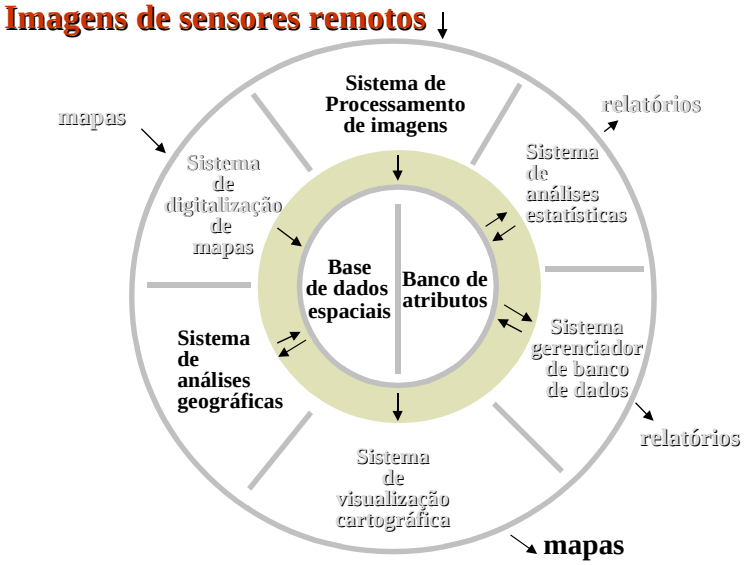


Fig. 1 – Relacionamento do Sensoriamento Remoto com o SIG

São requisitos para uma boa interpretação visual ter uma boa acuidade visual, possuir conhecimento sobre a tecnologia utilizada (em exemplo: conhecer sobre as fases de aquisição do Sensoriamento Remoto e com isso entender como a imagem foi obtida e quais elementos que interferiram na impressão de seus dados (Fig. 2), qual foi o sistema sensor utilizado e qual é a sua faixa espectral, compreender como os alvos analisados se comportam ao longo do espectro eletromagnético e quais os parâmetros que controlam a sua reflectância (umidade, matéria orgânica, textura, etc). É mandatório também ter um bom conhecimento sobre a área de

aplicação que o intérprete se dedica e é desejado ter conhecimento sobre a área a ser estuda (não é essencial, mas ajuda bastante) e sobre o objeto a ser mapeado, como sua forma geométrica, tamanho, comportamento espectral, modo de ocorrência e aspectos associados. Por fim, para se levar a bom êxito a interpretação de imagens é requerido a utilização de uma metodologia apropriada de extração de informações, é sobre isto que este texto versa.

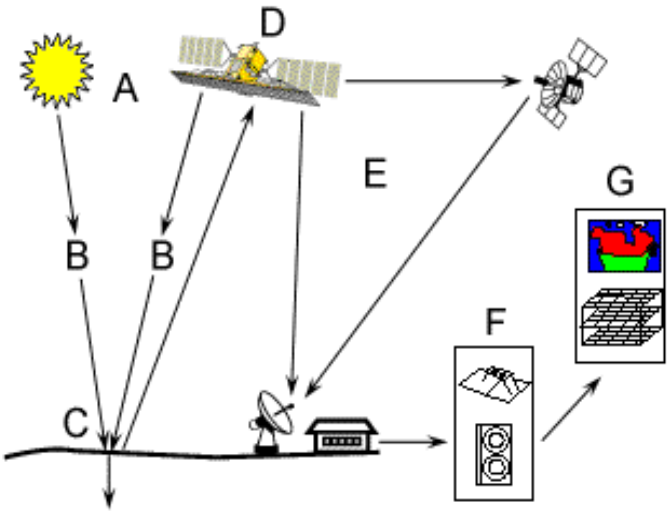


Fig. 2 – Elementos e fases da aquisição de dados pelo Sensoriamento Remoto. A) fonte de radiação, B) atmosfera, C) alvo, D) sensor, E) transmissão e recepção, F) Preprocessamento e disponibilização, G) tratamento, interpretação e geração de mapa temático

2) Seleção de produtos de Sensoriamento Remoto

Um projeto de interpretação de imagens consiste em definir primeiro quais são seus objetivos, ou seja o tema de mapeamento e o propósito de aplicação, a localização e os limites da área a ser mapeada, a legenda de mapeamento e consequentemente a escala cartográfica e o nível de detalhamento desejado. Com isso podemos cotejar produtos de Sensoriamento Remoto, dentro das possibilidades acessíveis, que nos melhor servirão. Esta escolha passa então pela comparação dos "recursos disponíveis" de cada produto de SR em função das especificações acima descritas.

Os recursos disponíveis de um sistema sensor pode ser definido pela seguinte expressão:

$$\textbf{\textit{Recurso disponível}} = \alpha \textbf{\textit{Respacial}} + \beta \textbf{\textit{Respectral}} + \chi \textbf{\textit{RRadiométrica}} + \delta \textbf{\textit{Rtemporal}}$$

Onde α, β, χ, e δ dependem do propósito da aplicação, sendo também calculados em função do custo*benefício desejado (Compare diferentes produtos de SR na fig. 3). ***Respacial*** corresponde à resolução espacial, a qual pode ser definida pela distância mínima em que dois pontos ou objetos podem ser identificados separadamente, com as imagens aparecendo nítidas (Não considerar como o tamanho do menor objeto possível de ser identificado e mesmo o tamanho do pixel da imagem, embora esta seja função deste). ***Respectral*** **–** resolução espectral consiste no número e largura de bandas, crescendo com o aumento deste número e estreitamento das bandas espectrais. ***Rradiométrica*** **–** resolução radiométrica corresponde ao nível de quantização da radiação eletromagnética, ou quantidade de níveis de cinza detectados pelo sensor, por exemplo: visão humana – 16 níveis de cinza, imagem SPOT – 256 níveis de cinza. Por último, ***Rtemporal*** **–** resolução temporal corresponde à freqüência de observação, ou 1/t, sendo t – intervalo decorrido entre duas imagens sucessivas de uma mesma região. O recurso disponível vai refletir na escolha de uma escala cartográfica adequada compatível com os

critérios de exatidão cartográfica e uma legenda de mapeamento proporcional ao conteúdo de informação disponível.

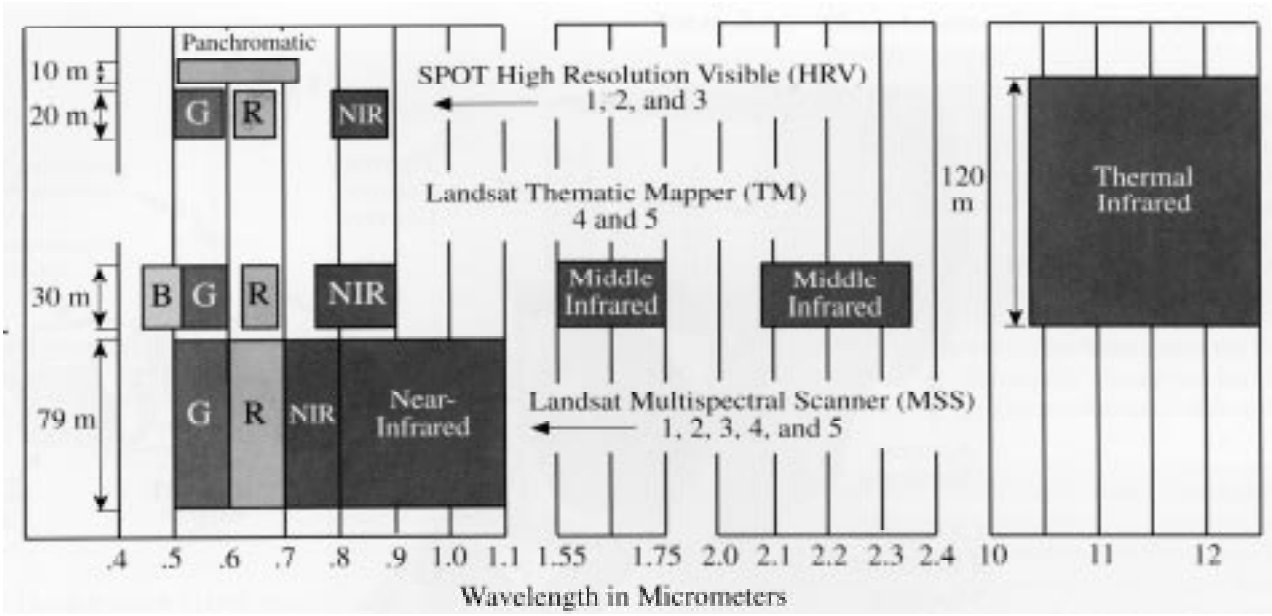


Fig. 3 – Tamanho do elemento de resolução do terreno (≅ resolução espacial) e número de bandas e larguras de bandas (≅ resolução espectral) de sensores LANDSAT e SPOT.

Em síntese, a plataforma de SR escolhida vai depender do propósito do estudo (Fig. 4). Assim, inventários globais usarão imagens com menor resolução espacial e grande cobertura regional e alta resolução temporal como exemplo dos produtos NOAA e METEOSAT, quando mais detalhes são requeridos podem-se usar imagens SPOT, LANDSAT e mesmo fotografia aérea. Veja a tabela abaixo da escala ótima para produtos de diferentes sistemas sensores (Tab. 1).

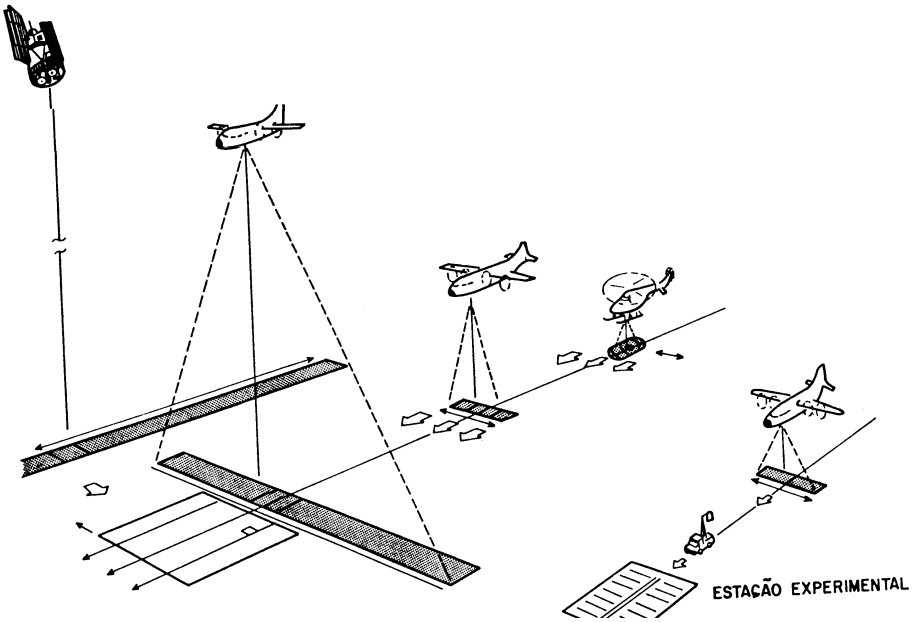


Fig. 4 – O conceito do Sensoriamento Remoto multiestágio, composto por uma diversidade de plataformas de aquisição de dados.

Tabela 1
Nível de detalhamento em função da escala dos produtos dos diferentes sensores

NOAA-AVHRR	1: 2 000 000
Landsat TM	1/100 0000
Landsat ETM	1/50 000
SPOT HRV	1/ 30 000
IKONOS	1/ 10 000

Quanto à definição da legenda de mapeamento, ou classes temáticas, esta depende fortemente do *recurso disponível* do sistema sensor. Pertinente a esta etapa, deve-se ressaltar a diferença entre os conceitos "uso do solo" e "cobertura do solo". O uso do solo é a forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem. Assim, uso é diferente de cobertura, pois o uso do solo está relacionado à utilização cultural enquanto que a cobertura é revestimento. Em exemplo de uma cobertura de floresta que pode ter vários usos como: reserva ecológica, parque, área de extração de madeira, etc. Neste âmbito deve-se destacar que o SR "enxerga" é a cobertura do solo. Por essa linha de abordagem, Anderson (1981) propôs um sistema de definição de legendas de mapeamento baseado em níveis de classificação proporcionais ao conteúdo de informação disponibilizado por diferentes tipos de sistemas sensores (Tab. 2).

Tabela 2
Níveis de classificação por tipo de dados

NÍVEIS DE CLASSIFICAÇÃO	**TIPOS DE DADOS**
I	Landsat TM
II	Fot. 1: 80 000/Spot HRV Landsat ETM
III	Fot. 1: 20 000/ 1: 80 000
IV	Fot > 1: 20 000

Os níveis I e II discriminam classes de infra-estrutura de interesse nacional ou estadual, enquanto os níveis III e IV mostram classes de infra-estrutura de interesse regional e municipal. Veja exemplo de detalhamento mostrado na Tab. 3. Assim, a escolha entre uma imagem LANDSAT ou SPOT para uma fotografia aérea vai depender se o interesse maior é estudar uma região do ponto de vista sinótico ou de síntese, sendo neste caso a imagem de satélite mais adequada pois permite a visualização de uma ampla região sobre as mesmas condições de iluminação, ou por outro lado se busca uma visão de detalhe e alta exatidão cartográfica, sendo imprescindível neste caso a fotografia aérea (Compare Fig. 5).

Tabela 3
Exemplos de possíveis legendas por nível de classificação

NÍVEL I	**NIVEL II**
Área urbana construída	Ocupação irregular, Loteamento recente, Uso institucional, Uso residencial unifamiliar Uso residencial multifamiliar, Uso misto Sistema viário Área comercial

Fig. 5 – Diferentes escalas de observação proporcionadas por produtos de Sensoriamento Remoto em várias escalas: fotografia aérea e imagem TM/Landsat

3) Influência da geometria de aquisição na seleção da época de coleta de dados

A seleção da melhor época para aquisição dos dados baseia-se na compreensão das relações geométricas entre a direção de iluminação do alvo e posição de imageamento – a saber ângulos solares de elevação e azimutal e ângulo de visada (Fig. 6), pois estas vão influenciar nas condições de iluminação e na resposta espectral dos alvos, haja vista que a maioria das superfícies terrestres se comportam de modo não lambertiano, isto é refletem diferentemente de acordo com a sua anisotropia.

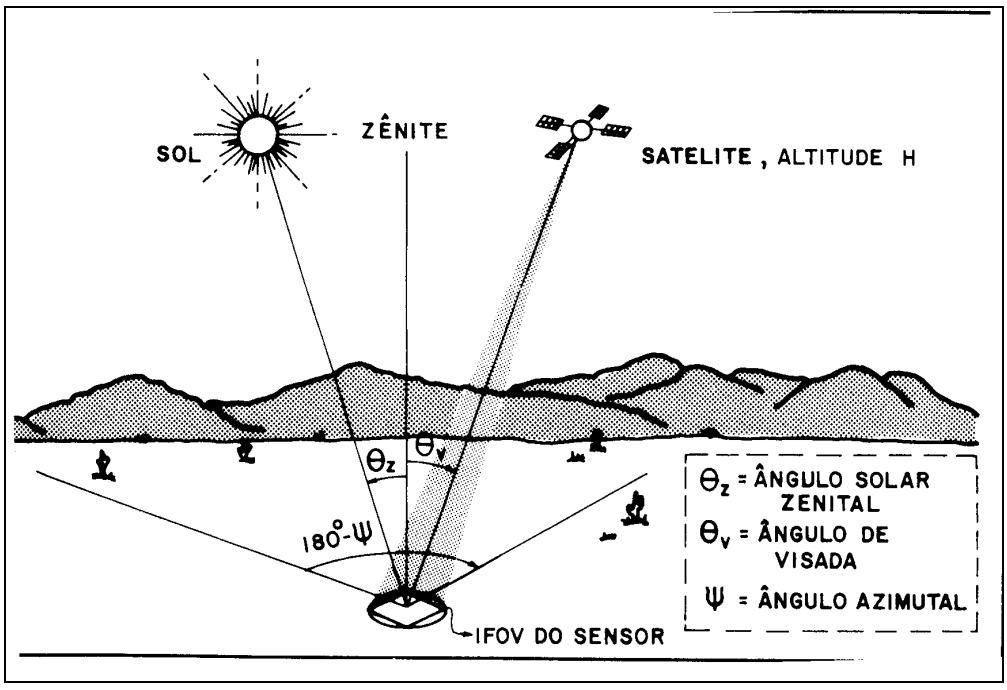


Fig. 6 – Geometrias de iluminação e de imageamento. Ângulo de elevação solar é igual 90° - ângulo solar zenital.

Como as imagens de satélite são obtidas em horários fixos (em torno de 9:30 a.m e 10:30 a.m) Fatores sazonais. A variação dos ângulos solares vai depender da variação sazonal. Isto é no inverno, as imagens são adquiridas com um baixo ângulo de elevação solar, enquanto no verão, o sol ilumina mais próximo do zênite. Alto ângulo de elevação solar proporciona condições de iluminação mais homogêneas, enquanto a baixo ângulo de elevação solar proporciona o contrário, favorecendo o maior sombreamento (Fig. 7). Dependendo do propósito, seleciona-se um ou outro. Por exemplo, para mapeamento das feições de relevo, quer seja para estudos de geomorfologia ou geologia, procura-se imagens com realce de sombreamento (Compare as Figs. 8a e b). Já para estudos de comportamento espectral, prefere-se imagens obtidas com maior ângulo de elevação solar e consequentemente condições de iluminação mais homogêneas, garantindo assim menor variação da resposta espectral de um certo alvo em função da posição no relevo. Quanto ao ângulo solar azimutal, este vai sempre realçar feições orientadas perpendicular à direção do mesmo, como exemplo da orientação de estruturas de relevo (Fig. 9).

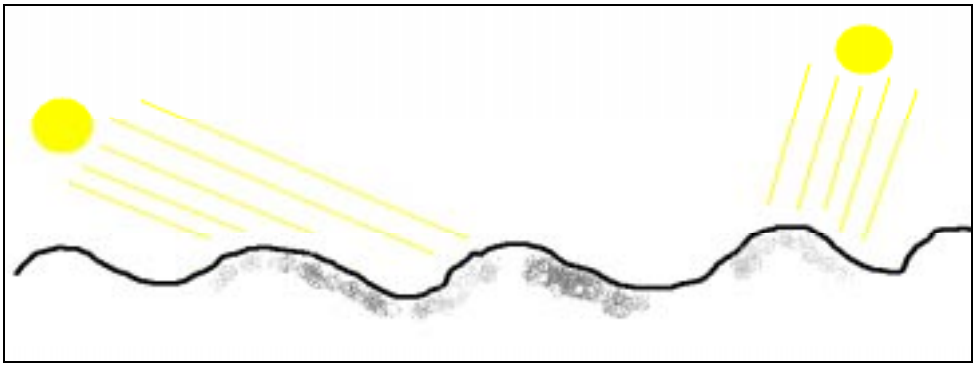


Fig. 7 – Influência do ângulo de elevação solar nas condições de iluminação

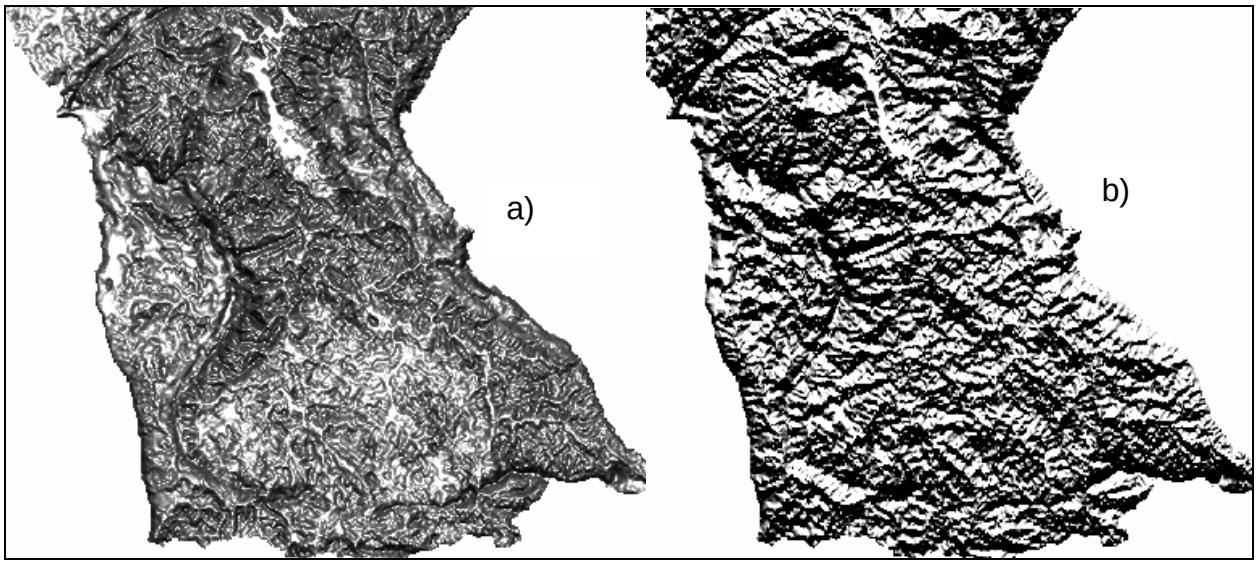


Fig. 8 – Influência do ângulo de elevação solar no realce do relevo. a) ângulo de elevação = 90° e b) ângulo de elevação = 45°

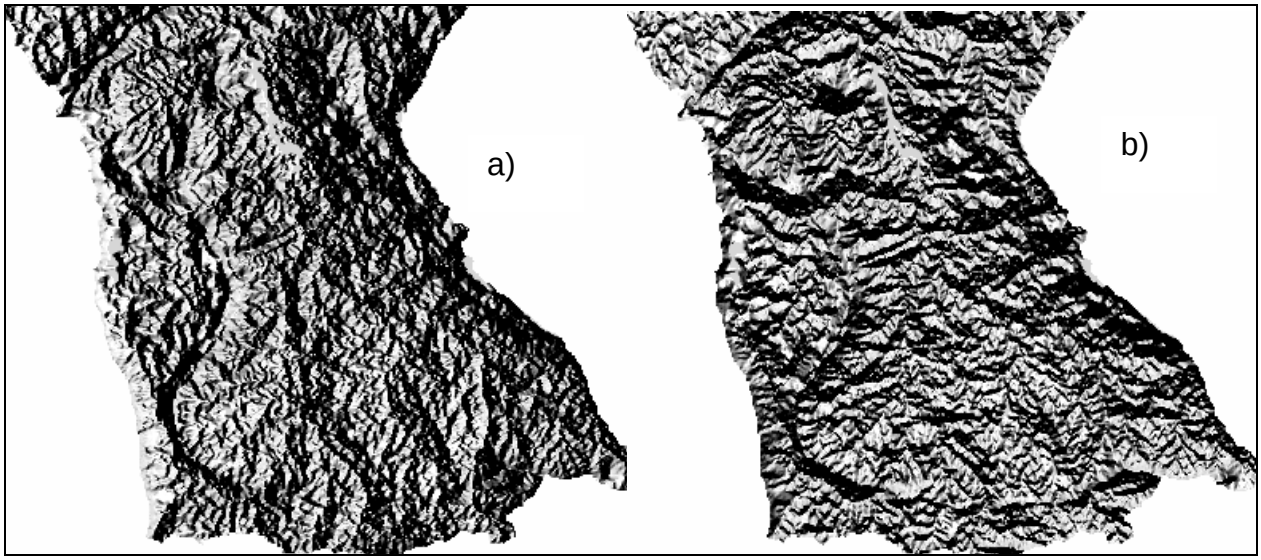


Fig. 9 - Influência do ângulo azimutal solar no efeito de realce de estruturas ortogonais de relevo. a) ângulo azimutal = 90° e b) ângulo de azimutal = 0°

Por fim, a variação sazonal vai influenciar também na discriminação de alvos que têm o seu comportamento espectral variante em função do seu estado fenológico, como é o caso da discriminação entre áreas de pastagens e mata, a qual é favorecida na época seca devido as pastagens e campos naturais se encontrarem secos nessa época, enquanto a vegetação florestal continua ainda verdejante (exceção para as matas decíduas).

4) Seleção de bandas espectrais/potencial de aplicações

A seleção de bandas espectrais para compor as composições coloridas vai depender fortemente do propósito de aplicação. A tab. 4 traz a título de ilustração algumas aplicações potenciais das bandas do sensor *Thematic Mapper*, a bordo do Landsat-5 e 7. No caso de uma composição colorida, serão selecionadas três destas bandas para serem associadas aos canhões de cores RGB.

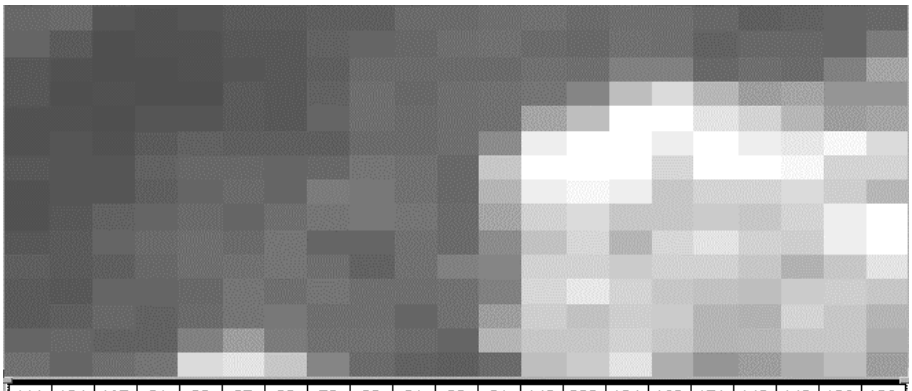
Tabela 4
Bandas do Sensor Thematic Mapper/Landsat –5 e suas potenciais aplicações

BANDAS	FAIXA ESPECTRAL (µm)	APLICAÇÕES
1	0,45-0,52(**azul**)	mapeamento de águas costeiras diferenciação entre solo e vegetação diferenciação entre vegetação conífera e decídua
2	0,52-0,60(**verde**)	mapeamento de vegetação qualidade d'água
3	0,63-0,90(**vermelho**)	absorção da clorofila diferenciação de espécies vegetais áreas urbanas, uso do solo agricultura qualidade d'água
4	0,76-0,90(**infravermelho** próximo)	delineamento de corpos d'água mapeamento geomorfológico, mapeamento geológico áreas de queimadas, áreas úmidas agricultura vegetação
5	1,55-1,75(**infravermelho** termal)	uso do solo medidas de umidade de vegetação diferenciação entre nuvem e neve agricultura vegetação
6	10,40-12,50(**infravermelho** termal)	mapeamento de estresse térmico em plantas correntes marinhas propriedades termal do solo outros mapeamentos térmicos
7	2,08-2,35(**infravermelho** médio)	identificação de minerais mapeamento hidrotermal

Como este processo leva a uma enorme possibilidade de combinações (120 possibilidades considerando apenas 6 bandas), existem alguns métodos para selecionar o melhor triplete de bandas para uma determinada aplicação. Em geral, o triplete do TM/Landsat mais usado é o composto pelas bandas 3, 4 e 5, pois estas cobrem o comportamento espectral da vegetação em função respectivamente dos parâmetros: concentração de pigmentos foliares, conteúdo de biomassa e umidade foliar.

5) O contraste de imagens

Uma feição impressa em um produto de Sensoriamento Remoto será identificada pela visão humana através do seu brilho ou nível de cinza, que é a resposta produzida na visão humana pela luz e que varia de uma graduação de cinza – em geral em 16 níveis, entre o branco e o preto. Este brilho ou tonalidade de cinza é proporcional ao sinal de radiância detectado pelo sensor em funcão da reflectância de um particular objeto imageado (Fig. 10).



111	124	107	91	98	85	82	79	82	91	88	91	142	238	194	168	171	142	142	136	136
111	113	95	91	98	91	85	82	91	104	101	101	136	206	203	178	187	145	127	136	161
113	104	95	91	82	88	85	91	104	107	95	95	111	165	199	183	133	104	120	120	111
120	104	111	91	82	88	91	98	101	101	101	124	140	136	129	111	111	101	101	104	98
107	107	107	88	79	95	104	95	101	104	111	107	104	113	117	104	98	98	98	98	107
98	111	95	85	85	95	98	91	95	98	101	104	107	111	113	104	98	98	91	95	101
104	107	85	82	85	91	91	95	95	107	107	111	113	107	111	111	104	95	98	101	104
101	91	79	82	82	88	88	98	101	104	111	113	107	104	113	111	98	104	104	101	124
88	82	79	79	82	85	88	95	107	107	107	107	113	111	127	127	104	111	107	129	165
88	79	82	79	79	91	88	98	111	104	111	113	117	133	187	219	183	161	165	152	149
82	82	79	85	85	91	88	101	111	107	111	113	168	190	255	255	228	212	183	161	168

Fig. 10 – A imagem digital, representada por uma matriz bidimensional de níveis de cinza

Por conseguinte, a característica de uma imagem que mais influencia a qualidade de uma interpretação visual consiste na sua razão de contraste, a qual é uma relação entre o brilho máximo e mínimo encontrado na imagem:

$$RC = \frac{Brilho_máximo}{Brilho_mínimo}$$

Quanto maior o contraste, melhor é a visualização dos alvos na imagem (Fig.11). No entanto, o espalhamento atmosférico pode reduzir em muito esta razão de contraste, sobretudo nas bandas do visível de menor comprimento de onda. O espalhamento atmosférico causa uma redução na razão de contraste através da adição de uma radiação de espalhamento a1, como mostrado pela equação abaixo.

$R = (B1 + a1)/(B2 + a1)$

Um modo de se atenuar o efeito de redução de contraste pelo espalhamento atmosférico consiste na manipulação dos histogramas da imagem, aplicando um realce linear com a

subtração do valor de nível de cinza mínimo encontrado no histograma original (Compare Figs. 12 a e b, valor mínimo de nível de cinza = 80).

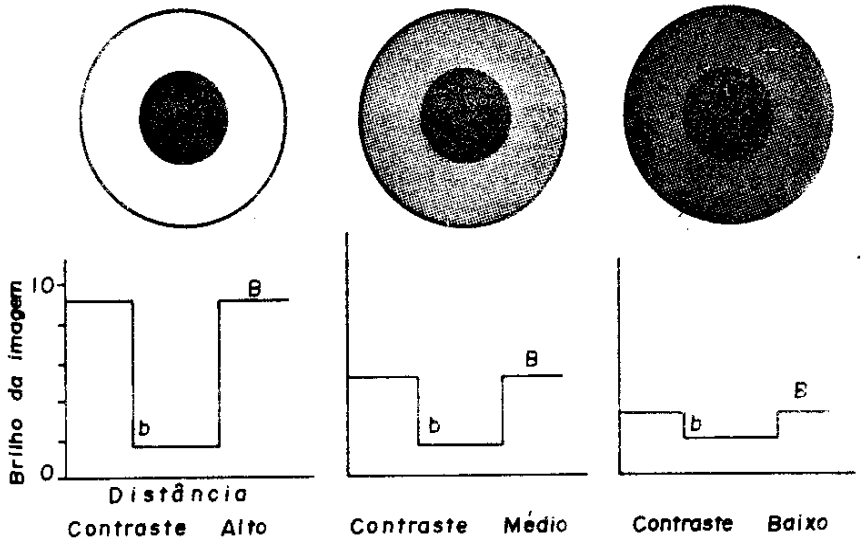


Fig. 11 – Razões de contraste

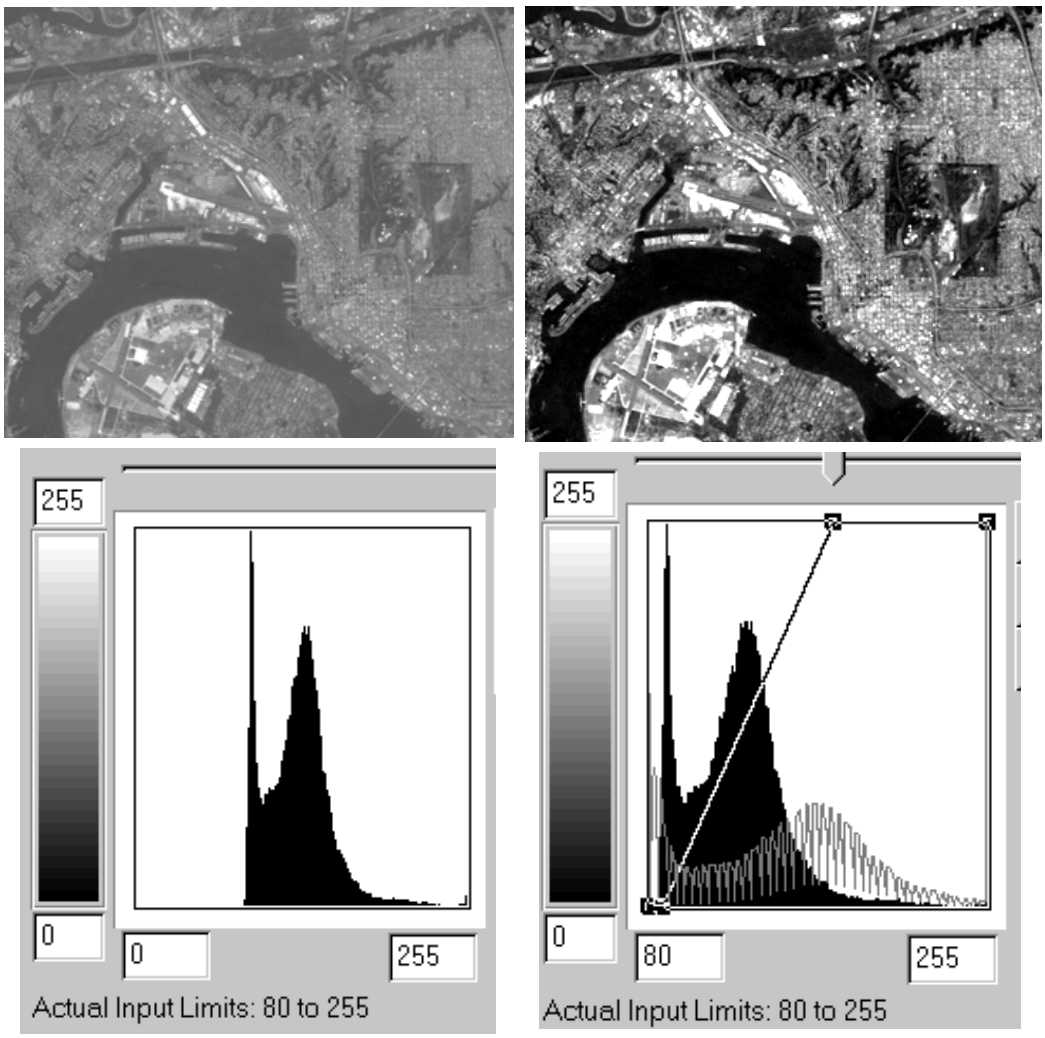


Fig. 12 – Imagens e histogramas da banda TM1, antes de depois da manipulação histogrâmica, visando correção do efeito de espalhamento atmosférico e realce do contraste.

6) O processo de interpretação de imagens

O objetivo de uma interpretação de imagens é obtenção do mapa temático. Para tanto um projeto de interpretação de imagens deve conter as seguintes etapas e definições:

1) Definição dos objetivos.

2) Área a ser mapeada, escala e definição das classes e legenda de mapeamento.

3) Escolha da imagem, definição do sensor em função dos objetivos e nível de exatidão e conteúdo de informação versus *recursos disponíveis*.

4) Definição da melhor época de aquisição, considerando cobertura de uvens, ângulo de elevação solar (sombreamento) e melhor discriminação entre os alvos.

5) Seleção de canais. Depende do comportamento espectral do fenômenos ou alvos que serão de interesse na interpretação.

6) Aquisição de dados ancilares. Bibliografia sobre a área mapeada, mapas prévios

7) Interpretação preliminar + confronto com os dados colaterais. Ida à campo para levantamento de áreas testes – áreas representativas.

8) Checagem de campo para avaliação e validação da interpretação

8) Os elementos de interpretação

O uso de uma metodologia apropriada de interpretação visual que possa ser adaptada aos diferentes produtos de SR passa primeiro para identificação dos *elementos de interpretação*, que são os elementos que deverão ser considerados neste processo de interpretação. Através do estudo dos elementos de interpretação, chega-se a definições sobre as formas de relevo, padrão de drenagem, características da vegetação e tipos de uso do solo, geologia e etc.

TONALIDADE

Corresponde ao brilho ou nível de cinza, sendo a resposta produzida na visão humana pela luz, varia de uma graduação de cinza, entre o branco e o preto (fig. 13). A tonalidade é proporcional à reflectância do objeto imageado, quanto maior a reflectância, o objeto aparece mais claro.

Fig. 13 – Escala de tonalidades ou níveis de cinza

COR

É formada pela combinação de duas ou mais imagens de bandas espectrais, usando o processo aditivo de combinação das cores primárias: Vermelho, Verde e Azul - RGB (Fig.14). O espaço de cores RGB pode ser transformado para o espaço, IMS (Intensidade, Matiz e Saturação). Desse modo, uma cor pode ser decomposta nesses três componentes independentes, sendo a visão humana sensível em ordem decrescente aos componentes intensidade, matiz e saturação. A intensidade corresponde ao brilho ou tonalidade, o Matiz é o que usualmente conhecemos como cor (ex: ciano, amarelo, verde) e saturação é quanto a cor se aproxima de seus componentes puros, ou seja aos eixos RGB. Para melhor compreensão, entre na palheta de cor de qualquer programa no *WINDOWS* e mude de RGB para IMS ou IHS e teste variar estes componentes de modo independente.

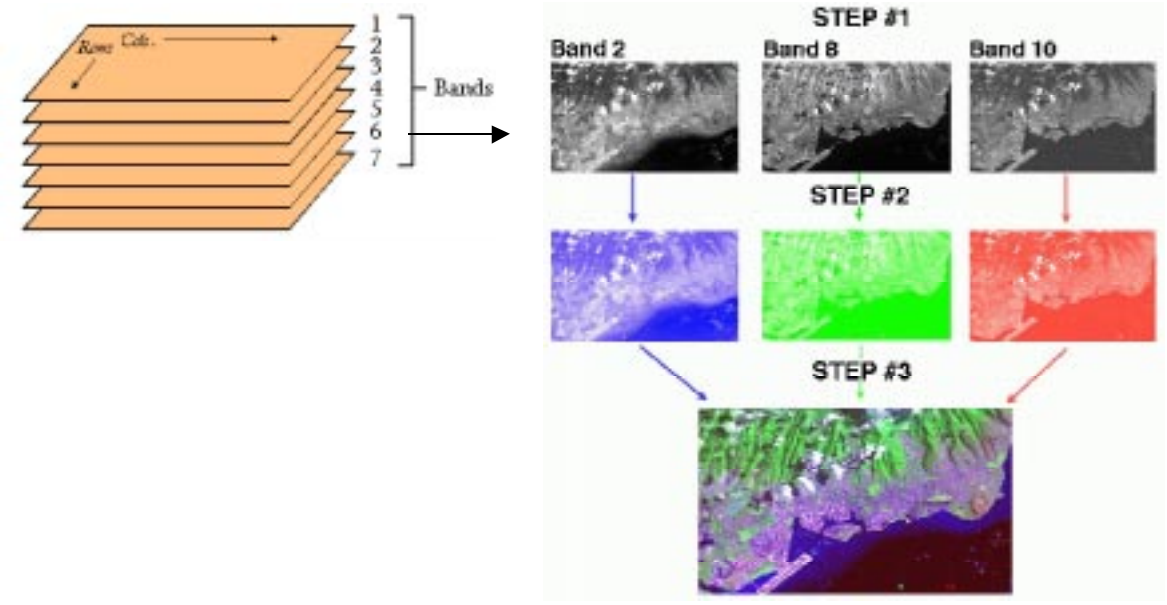


Fig. 14 – Processo de seleção de bandas e composição colorida. Cada banda selecionada é associada a um dos canhões de cores: vermelho, verde e azul.

TEXTURA

Para a definição da textura, faz-se necessário a priori definir o elemento de textura, o qual é a menor superfície contínua e homogênea distinguível na imagem fotográfica e passível de repetição. Isto implica em uma forma e dimensão definidas para este elemento. Para tanto deve-se observar o fator escala e resolução espacial para identificar o elemento de textura. Como exemplos citam-se as copas de árvores, edificações – fotografia aérea e os pixeis e quadras urbanas em imagens de satélite (Fig. 15).

Já, a textura é o padrão do arranjo dos elementos texturais e representa a imagem de conjunto dada pela disposição das menores feições que conservam sua identidade na escala fotográfica. A textura pode ser classificada de acordo com a sua granulação (tamanho médio do elemento de textura) em fina, média e grosseira (Fig. 16). Pode-se classificar a textura também de acordo com a sua densidade: propriedade quantitativa que é considerada de modo comparativo - quantidade de elementos texturais distinguíveis por área imageada - e pelas suas características de homogeneidade versus heterogeneidade (vide anexos desta apostila: folhas separadas entregues antecipadamente).

Fig. 15 – Elementos de textura com forma retangular (edificações)

Fig. 16 – Diferentes densidades e granulação de textura produzidas em áreas de diferentes usos do solo: a) área residencial, b) área comercial/industrial

FORMA

A forma exprime a disposição espacial dos elementos texturais com propriedades comuns. Ex. Região urbana, el. textural, casa – forma de quarteirão ou quadras. A forma se classifica em irregular e regular, neste último caso, descrevendo a sua geometria, vide exemplo da Fig. 17.

Fig. 16 – Formar retangulares resultantes de uma estrutura quadrangular.

ESTRUTURA

Se a forma é regular, existe uma estrutura, a qual pode ser traduzida como a lei que exprime ou que define o padrão de organização no espaço dos elementos texturais, resultando em uma forma regular. Quando a forma é irregular existem uma ausência de estrutura ou ordem (Fig. 17).

Fig. 17 – Forma irregular, resultante de uma ausência de estrutura ou organização. Área de favela em Belo Horizonte. Fonte: Fotografia Área feita pela Vista Aérea.

SOMBRA

A sombra é resultante da iluminação oblíqua pela sol da superfície imageada ou resultante da ausência do sinal de retorno (no caso do RADAR). É um importante recurso pois confere às imagens de satélite a impressão de reprodução da visão tridimensional bastante aproximada da morfologia do terreno.

Fig. 18 – Sombreamento ao centro da área urbana, indicando acentuada verticalização da edificação.

ASPECTOS ASSOCIADOS E RELAÇÃO DE CONTEXTO

Os aspectos associados e relação de contexto consistem em observações que podem indiretamente indicar o significado de uma determinada feição em uma imagem. Como exemplos, citam-se a presença de estradas vicinais e a posição topográfica.

9) O método da chaves

Como dito anteriormente, a interpretação visual busca a identificação de feições em imagens e a determinação de seu significado. Portanto, para se ter êxito é necessário empregar

uma metodologia adequada. Com este escopo, que é aqui introduzido um método de interpretação conhecido como “método das chaves”.

O método das chaves apoia-se em um estudo comparativo. Isto é depende do conhecimento prévio de imagens, fotografias com objetos e feições conhecidas que serão utilizadas como guias. Pode-se dizer que uma chave nada mais é que a própria chave em sua totalidade. As chaves são particulares para cada área de aplicação (ex: vegetação, uso do solo urbano, geologia) e são definidas em função dos elementos de interpretação, visualizados em diferentes produtos de Sensoriamento Remoto

Uma chave pode ser composta de:

1) Uma coleção de imagens ou fotografias ilustrativas de feições, objetos ou condições que serão identificados nas imagens. Por exemplo: Fotografias aéreas de feições e objetos conhecidos.
2) Uma palavra ou gráfico descritivo que dá início ao reconhecimento de características das feições, objetos ou condições impressas nas imagens.

As chaves podem também ser classificadas em seletivas, dicotômicas e eliminatória. Chaves seletivas são quando contém-se um grande número de exemplos fotográficos com suporte de texto; chave dicotômica consiste na seleção de uma entre duas alternativas contrastantes e chaves eliminatórias são ajustadas de tal maneira que a interpretação seja realizada passo a passo, eliminando todas as feições ou condições, restando apenas um objeto que pode ser relacionado. O ***grau de confiabilidade de uma chave*** corresponde à segurança que a chave fornece para indicar uma determinada interpretação, sendo geralmente função de sua complexidade (Figs. 19 e 20).

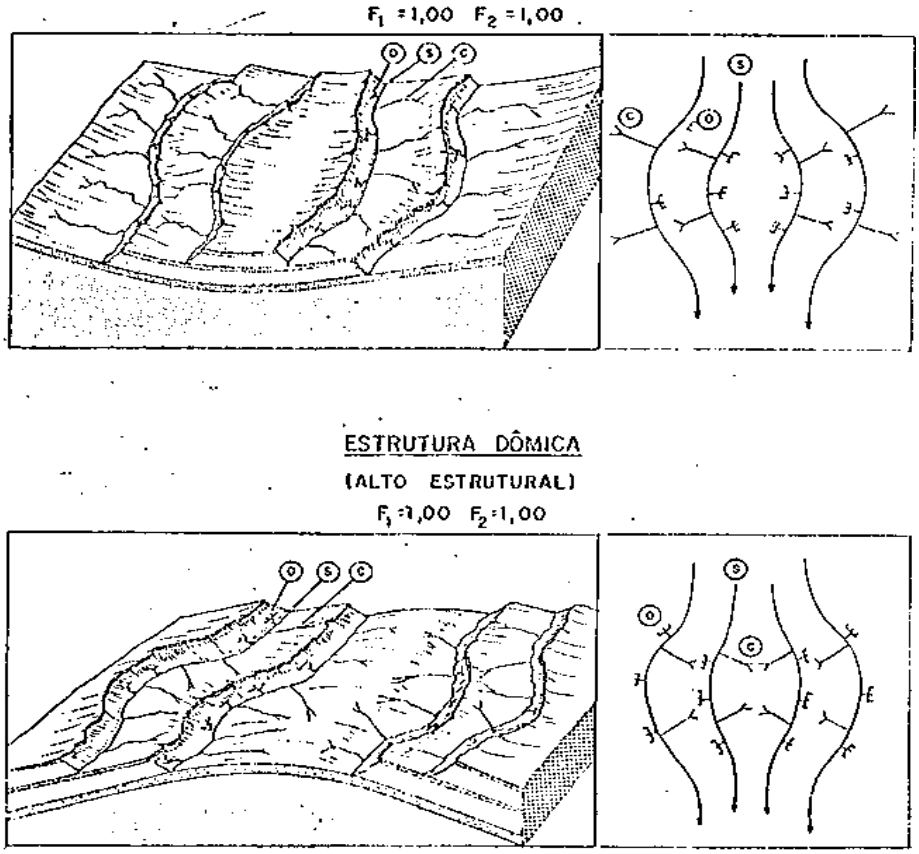


Fig. 19 – Chaves de interpretação para estruturas de bacia e domo estrutural.

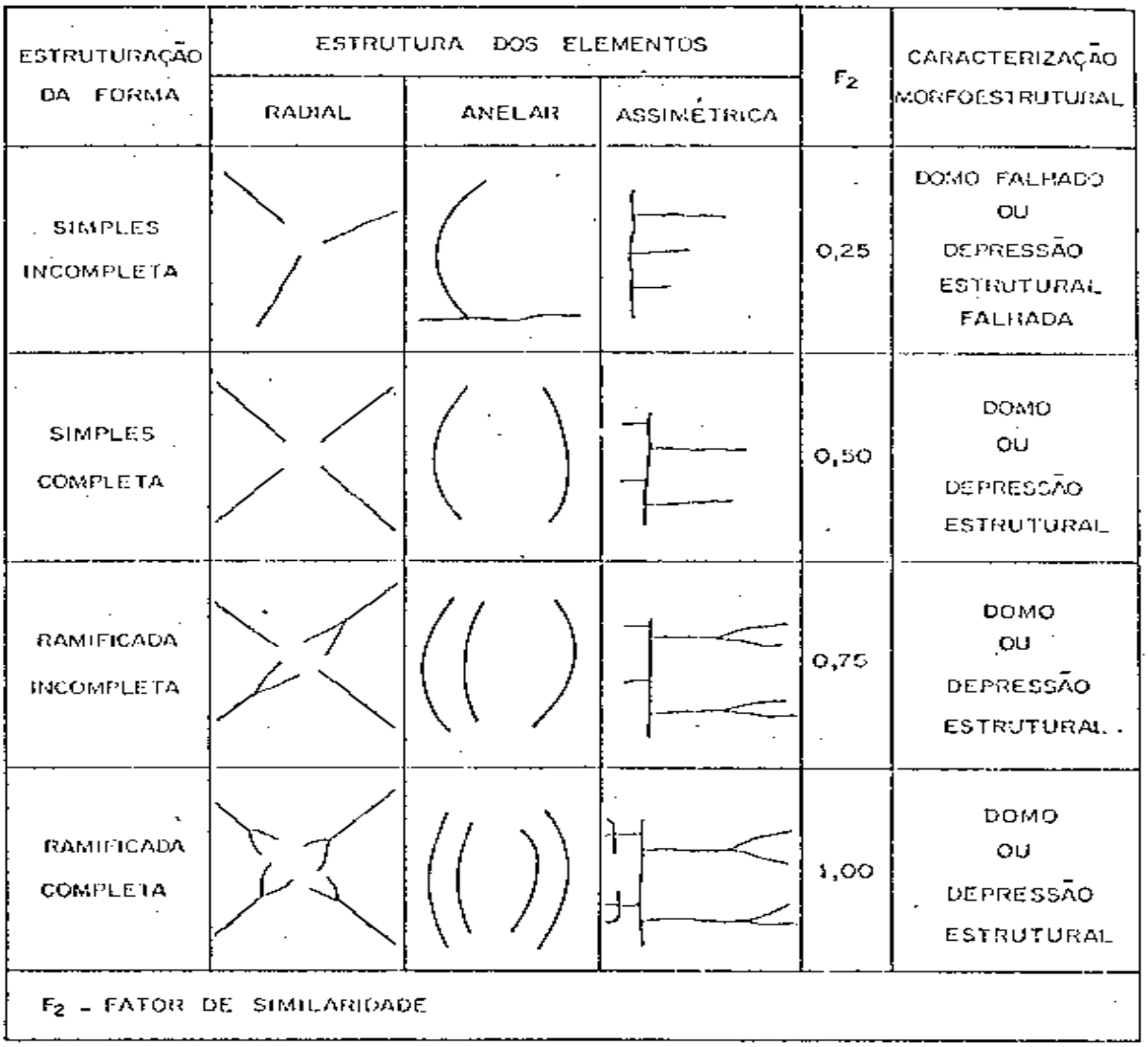


Fig. 20 - Chave de interpretação para domo ou depressão estrutural com seus diversos graus de confiabilidade (Fator de similaridade)

A seguir, seguem exemplos de chaves, uma para uso do solo urbano, em fotografias 1:25 000 segundo Santos et al. (1981) e uma outra para identificação de remanescentes florestais em imagens TM/LANDSAT por Soares-Filho et al. (1993).

Chave para uso do solo urbano* – Foto 1: 25 000 (Santos et al. 1981):

- **Classe residencial multifamiliar:** presença de edifícios de apartamentos
- **Classe residencial unifamiliar:** Ocorrência de ruas e terreiros arborizados, edificações menores
- **Área de uso institucional:** Igrejas, escolas, universidades, etc. Presença de pátios de estacionamento e tamanho das construções.
- **Áreas comerciais:** Edifícios antigos, alta verticalidade das construções.
- **Áreas industriais:** Amplos edifícios, galpões, presença de chaminés, grandes construções ao longo de vias de acesso, grandes pátios de estacionamento.
- **Áreas desocupadas**: periferia solo nu ou cobertura vegetal.

* Esta chave não segue metodologia dos elementos de interpretação, como descrito anteriormente.

Chave para remanescentes florestais - TM R43B5G (Soares-Filho et al., 1993):

- **Cor: Intensidade (tonalidade):** A intensidade dos remanescentes eqüivale uma tonalidade média, mais clara que as regiões sombreadas, mais escura que as áreas de cultura irrigada, reflorestamentos e áreas de campo verde. **Matiz** (usualmente chamado de cor): vermelho com uma leve tendência para o laranja, cerrado mais amarronado, campos secos em ciano acizentado, capoeiras em laranja e reflorestamento em rosa avermelhado e vermelho. **Saturação** alta, tipo mancha de sangue
- **Textura**: Granulação fina
- **Forma**: Irregular
- **Estrutura:** Não apresentam orientação, diferente dos reflorestamentos.
- **Relações de contexto:** pequenas manchas descontínuas ou parcialmente conectadas em áreas remotas.
- **Aspectos associados:** reflorestamentos: presença comum de estradas, aceros.

10) As fases da interpretação

A interpretação de imagens divide-se em três fases distintas, a saber a *fotoleitura*, a *fotoanálise* e a *fotointerpretação*.

Fotoleitura: consiste essencialmente na identificação de feições ou objetos sobre as imagens fotográficas, quando a feição é muito evidente, a fotoleitura já passa dar o significado do objeto, resumindo o processo de fotointerpretação.

Fotoanálise: consiste no estudo das relações entre as imagens, associando e ordenando as partes dessas, ou seja comparando feições e agrupando regiões similares, conhecidas como zonas homólogas. Zonas homólogas são portanto as áreas delimitadas sobre as imagens fotográficas, constituídas pela repetição dos elementos de textura que possuem propriedades semelhantes e mesma estrutura (Fig. 21).

Fotointerpretação: é o processo que utiliza o raciocínio lógico dedutivo e indutivo para compreender os princípios e os processos que criaram as feições e objetos identificados. Por exemplo, drenagem radial indica a presença de domo estrutural.

Enfim, um processo de interpretação de imagens consiste na elaboração da chave de interpretação a partir de áreas testes **– fotoleitura,** definição das zonas homólogas **– fotoanálise** e elaboração do mapa final – f**otointerpretação**.

Por último, mas não com menos importância, deve-se destacar a relevância da avaliação dos resultados finais para fins de validação da qualidade do mapeamento produzido com auxílio dos produtos de Sensoriamento Remoto. Para evitar viés, esta validação deve ser feita com base em amostras de áreas de campo que não foram utilizadas no processo de interpretação. Sugere-se inclusive para grandes projetos de mapeamento, que se contratem consultores independentes com o propósito de avaliar e caso positivo, autenticar a qualidade dos produtos produzidos.

Fig. 21 – Mosaico de fotografias aéreas mostrando diferentes zonas homólogas: a) Comercial/industrial, b) residencial unifamiliar média a alta renda, c) favela, d) residencial unifamiliar baixa a média renda.

11) Referências bibliográficas

ANDERSON, J.R. et al. A land use and land cover classification system for use with remote sensor data. Reston, United States Geological Survey, 1976. **Professional Paper**, 964.

SANTOS, A. P. et al. Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicações em uso da terra. INPE-2261-MD/016, 1981, 61p.

SOARES-FILHO, B.S.; MAILLARD, P. RIBEIRO, F. 1993 "Projeto Mata Atlântica-MG". Anais do VII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE,Governo do Paraná, Selper, SBC. Curitiba, Paraná, 10-14 de maio de 1993, vol 2, pp. 258-265.

SOARES, P.; FIORI, A. P. Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. Not. Geomorfológicas, Campinas, v.16, n. 32, 71p, 1976.

VENEZIANI, P.; ANJOS, C. E. Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicações em geologia. INPE-2227-MD/014, 1982, 61p.

VENEZIANI, P.; Métodos de extração visual de dados. Notas de Aula. INPE, 1984

12) Listas de sítios eletrônicos recomendados

www.ccrs.nrcan.gc.ca
www.utexas.edu
www.nr.usu.edu
www.rst.gsfc.nasa.gov
www.observe.ivv.nasa.gov
www.grouchy.geog.ucsb.edu
www.eerst.gsfc.nasa.gov