
**NOÇÕES BÁSICAS DE DETECÇÃO
REMOTA FOTOGRAMETRIA
E
FOTO-INTERPRETAÇÃO
EM PEDOLOGIA**

Elsa Sampaio – ems@uevora.pt

Departamento de Geociências

Universidade de Évora

2007

Índice

1. INTRODUÇÃO

2. DETECÇÃO REMOTA

2.1 OBJECTIVOS DA DETECÇÃO REMOTA

2.2 SISTEMA DE DETECÇÃO REMOTA

2.3 SENSORES DE ENERGIA ELECTROMAGNÉTICA (EEM)

2.4 VANTAGENS DA DETECÇÃO REMOTA EM PEDOLOGIA

2.5 DIFERENÇAS ENTRE IMAGENS DE SATÉLITE E FOTOGRAFIAS AÉREAS

3. FOTOGRAMETRIA

3.1 PROJECCÃO CÓNICA

3.2 DEFORMAÇÕES

3.2.1 Variações de escala

3.2.2 Deformações radiais

3.2.3 Paralaxe

3.3 CONSEQUÊNCIAS DAS DEFORMAÇÕES

3.4 ESTEREOSCOPIA – PRINCÍPIOS FÍSICOS

3.4.1 Requisitos para visão estereoscópica

3.5 EXECUÇÃO DE UMA MISSÃO DE RECOLHA DE IMAGENS PARA CARTOGRAFIA

3.6 IMAGENS OBLIQUAS

4. FOTO-INTERPRETAÇÃO

4.1 ACTIVIDADES DA FOTO-INTERPRETAÇÃO

4.2 PROCEDIMENTOS DA FOTO-INTERPRETAÇÃO

4.3 TÉCNICAS OU MÉTODOS DE FOTO-INTERPRETAÇÃO

4.4 MÉTODOS DE ANÁLISE ESPACIAL POR FOTO-INTERPRETAÇÃO

4.4.1 Métodos directos

4.4.2 Métodos indirectos

4.4.2.1 Decomposição de uma paisagem

5. BIBLIOGRAFIA

1. INTRODUÇÃO

Quem investiga o dinâmico sistema terrestre tem noção da sua complexidade e dos seus constantes reajustes. Está-se a observar e entender melhor o modo como essas transformações ocorrem, a escalas relevantes para as regiões e sociedades em que se vive. Contudo, é necessário perceber a diferença entre a variabilidade natural e a variabilidade provocada pela acção humana o que se torna cada vez mais difícil.

A investigação tem de incidir com prioridade na recolha de melhores dados e com maior cobertura geográfica.

Ora, os geocientistas têm vindo a desvendar muitos dos mistérios do Planeta e têm feito grandes progressos na compreensão dos seus processos. Contudo, muitas vezes esse conhecimento não é usado do modo mais correcto. Apesar de se conseguir prever com alguma precisão vários tipos de desastres naturais, a construção em locais inapropriados continua, assim como, a exploração insustentável de recursos, Age-se como se esses aspectos fossem ignorados, quando a solução para uma vida melhor está nas nossas mãos.

O ser humano tem cada vez mais necessidade de conhecer o planeta em que vive. Assim, é necessário, inventariar, classificar, medir e quantificar uma enorme multiplicidade de informação. Ora, é bem conhecida a importância da fotografia aérea e/ou da imagem digital, no que respeita à riqueza de informação aí contida, tanto no que respeita a características naturais como resultantes da actividade humana. Contudo, são necessárias ferramentas ou soluções capazes de responder à quantificação e medição de muitos dos elementos identificados nas imagens. É assim, que surge o conceito de fotogrametria, intimamente ligado ao de cartografia.

O objectivo principal de um levantamento pedológico é subdividir áreas heterogéneas em parcelas o mais homogéneas possível, em função dos parâmetros de classificação e das características utilizadas para distinção dos solos.

De acordo com Embrapa (1995), um levantamento de solos pressupõe: trabalhos prévios de gabinete; levantamento de campo (amostragem e observação); análises laboratoriais; interpretação dos dados com a elaboração do mapa e relatório técnico final ou memória descritiva. "A interpretação, é tanto mais adequada quanto melhores e mais informações disponíveis" (Ranzani, 1969).

Como material de base para o levantamento pedológico, podem ser utilizados: Imagens de satélites; fotografias aéreas; mapas altimétricos; modelos digitais de terreno; cartas pedológicas menos pormenorizadas; cartas geológicas; cartas geomorfológicas; dados e cartas climáticas; e ainda, cartas e dados fitogeográficos, assim como qualquer material que forneça informações úteis para o mesmo.

2. DETECÇÃO REMOTA

É o conjunto de técnicas que se utilizam para aquisição de informação sobre um objecto, área ou fenómeno usando um sensor que não está em contacto físico directo com este. Contudo, esta definição torna-se polémica ao colocar a dúvida se o olho humano será, ou não, um sensor de detecção remota pois ele recolhe informação sobre objectos que lhe estão afastados. Assim, a definição evoluiu e é mais correcta afirmar-se que:



Detecção Remota é o processo de aquisição de informação de objectos, áreas ou fenómenos, sobre ou próximos da superfície terrestre, por um sensor de radiação electromagnética colocado acima desta superfície.

Como exemplos de sistemas de detecção remota podem referir-se, entre outros:

- sensores digitais instalados em satélites;
- sensores digitais ou analógicos instalados em aviões;
- sensores portáteis usados em trabalho de campo.

2.1 OBJECTIVOS DA DETECÇÃO REMOTA

São inúmeros os objectivos da Detecção Remota, entre os quais se podem referir: levantamento e registo de dados; classificação; avaliação; elaboração de inventários e protecção da paisagem. Em Pedologia, o seu interesse recai sobretudo na elaboração de cartografia, tanto pedológica como temática, ou seja, cartografia base para interpretação dos recursos da terra e planeamento ou ordenamento do território, através da sua associação com um Sistema de Informação Geográfica.

A radiação electromagnética registada em sensores pode ser:

- proveniente do sol (ou de outras fontes de radiação) e reflectida pela superfície;
- emitida pelos objectos à superfície.

2.2 SISTEMA DE DETECÇÃO REMOTA

Através da observação do esquema da Figura.1, pode compreender-se como funciona um sistema de Detecção Remota (DR). Como emissores de radiação podem ter-se, os naturais (sol, terra) e/ou os artificiais (radares). Por sua vez, a superfície terrestre interage com a radiação e o sensor capta e regista a energia emitida e reflectida. Poderia ainda, acrescentar-se a este esquema, a influência da atmosfera e a presença de um emissor de dados.

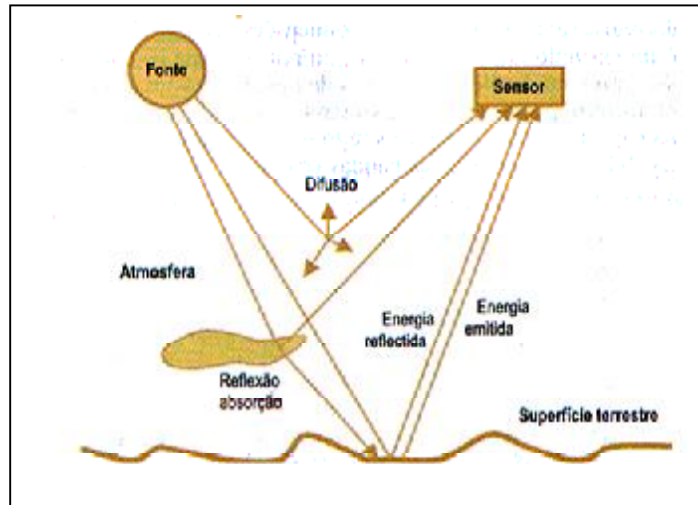


Figura.1 - Modelo de componentes de um sistema de DR

2.3 SENSORES DE ENERGIA ELECTROMAGNÉTICA (EEM)

Os sensores de DR registam a *radiância espectral* dos objectos da superfície, isto é, a radiância para uma certa gama de comprimentos de onda da radiação.

A intensidade e a composição espectral da radiação electromagnética captada, depende das características físicas e químicas dos objectos à superfície, da sua temperatura e de outros factores.

A Energia Electromagnética ou Radiação Electromagnética ou ainda, Energia Radiante (EEM) define-se através das seguintes duas características:

- FREQUÊNCIA (ν) - Hz
- COMPRIMENTO DE ONDA (λ) - mm ou μm

O espectro de radiação electromagnética pode decompor-se em várias regiões, de acordo com o esquema representado na Figura.2. A partir deste esquema pode compreender-se que:

- A radiação visível corresponde apenas a uma reduzida porção do espectro electromagnético.

- a detecção remota permite obter informação em outras zonas do espectro para além do visível (infravermelho próximo). Assim, ela permite captar informações entre 0.4 a 12 μm correspondentes a frequências entre 20 e 60 GHz.

Assim, objectos que não podem ser distinguidos na região do visível podem ter características espectrais distintas em outras regiões do espectro.

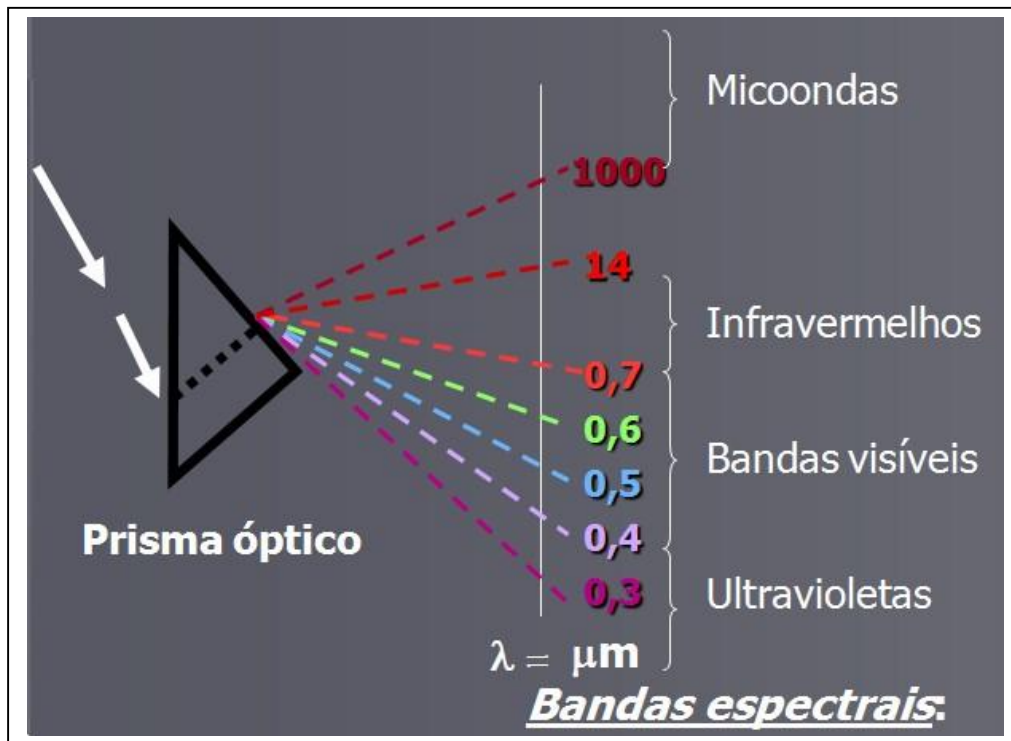


Figura.2 – Regiões do espectro electromagnético

2.4 VANTAGENS DA DETECÇÃO REMOTA EM PEDOLOGIA

O uso da detecção remota em pedologia, permite:

1. Uma análise sistemática dos elementos do meio em toda a zona a estudar;
2. A mesma observação de todos os objectos;
3. Obter uma perspectiva geral de toda a região;
4. Reconhecer objectos, áreas ou fenómenos que ajudam a planificar o trabalho de campo;

5. Maior rigor, na aquisição de dados, principalmente em zonas de difícil acesso ou inóspitas;
6. Menor prazo de tempo na execução do trabalho;
7. Obter um custo inferior quando comparado com trabalho de campo; se as imagens forem de satélite o custo é o mais baixo de todos;
8. As imagens de satélite já são adquiridas em formato digital, podendo por isso ser processadas por computador;
9. Maior eficiência no trabalho (se o terreno for estudado previamente, consegue-se um melhor planeamento dos percursos e selecção de locais a visitar).
10. Cumprir com uma periodicidade de aquisição de dados: Os satélites são concebidos para aquisição periódica de imagens de uma mesma área com condições semelhantes de observação. Assim, conseguem-se resoluções temporais úteis para monitorização e outras aplicações, bem como, possibilita-se o acesso a dados sem planeamento prévio.

Evidentemente que o trabalho com detecção remota não dispensa o *reconhecimento in situ*”

2.5 DIFERENÇAS ENTRE IMAGENS DE SATÉLITE E FOTOGRAFIAS AÉREAS

As Imagens de Satélite permitem:

- Registos discretos (digitais) a duas dimensões (2D)
- Cobrir áreas extensas
- Ser processadas directamente por computadores sem necessidade de rasterizar
- Uma disponibilidade quase directa em/para utilização em Sistemas de Informação Geográfica (SIG)
- Ser Verticais ou Oblíquas
- Ser multi-espectrais (conter informação da energia emitida e da energia reflectida)

- Ser multi-temporais
- Ser multi-sensoriais

As Imagens Fotográficas permitem:

- Registos contínuos a duas dimensões (2D)
- Cobrir áreas restritas (dependendo da escala)
- Facilidade em ampliar
- Efectuar uma análise estereoscópica (ver a três dimensões)
- Ser rasterizadas para serem processadas por computador
- Ser Verticais ou Oblíquas
- o registo de pequenos objectos e estruturas dificilmente detectáveis pela vista humana (4 ou 5 linhas por mm) dado o elevado poder de resolução dos filmes actualmente utilizados em fotografia aérea (várias centenas de linhas por mm);

Tanto as imagens de satélite como as fotografias aéreas:

- Permitem realçar as relações que unem ou perturbam os elementos da paisagem
- Não tornam exclusivas nem seleccionam a informação
- Possibilitam a realização de uma arqueologia da própria paisagem através da "Lei da Persistência dos Planos", segundo a qual, nas imagens se conservam as formas de organização espacial antigas, embora sobrepondo várias delas.

As fotografias aéreas podem ser efectuadas a partir de emulsões fotográficas de dois tipos. As Pancromáticas (preto e branco), podem ser vulgares ou normais (captam radiações entre 0,4 - 0,7 μm) ou infravermelhos (captam radiações entre (0,7 - 1,2 μm)). As Coloridas podem ser vulgares (captam radiações entre 0,4 - 0,7 μm) ou

infravermelhos, mais conhecidas por fotografias de falsa cor (captam radiações entre $(0,7 - 1,2 \mu\text{m})$).

Assim, a detecção remota e os sistemas de informação geográfica servem a pedologia, ao permitirem:

- Detectar as estruturas da paisagem
- Realçar as linhas de força da sua organização
- Apontar os seus traços insólitos
- Indicar as suas polaridades

3. FOTOGRAMETRIA

Fotogrametria é o conjunto de técnicas que permitem recolher informação fidedigna e reconstruir um objecto tridimensionalmente a partir de medições realizadas em fotografias ou outras imagens do objecto. A componente analítica está actualmente na base de todas as operações fotogramétricas implementadas em gabinete com fotografias aéreas ou em estações digitais permitindo determinar a forma, posição e dimensão de objectos no espaço.

A palavra Fotogrametria, deriva de três palavras de origem grega:

"photon" - luz;

"graphoS" - descrição;

"mefron" - medições;

ou seja, medições executadas através de fotografias.

A fotogrametria utiliza frequentemente o princípio da visão estereoscópica mas não é obrigatório. Esta técnica mede geometricamente a dimensão e a posição dos objectos visíveis a partir de um modelo virtual em três dimensões.

A Fotogrametria recorre actualmente às mais modernas tecnologias informáticas e faz todo o processamento de imagens digitais, o que permite uma grande evolução e maior celeridade na aquisição de dados geográficos.

A fotogrametria pode ser dividida em: Fotogrametria terrestre; Fotogrametria aérea.

A fotogrametria terrestre é usada principalmente para:

- Documentar o estado actual da fachada de edifícios e monumentos.

A fotogrametria aérea é usada principalmente para:

- Mapas topográficos e/ou temáticos;
- Modelos digitais de terreno;
- Fotografias rectificadas (ortofoto);
- Coordenadas de pontos requeridos;
- Interpretação do objecto (o que é? Tipo? Qualidade? Quantidade) e medida do objecto (onde é? Tamanho?). É também utilizada para vários estudos, nomeadamente geológicos, ambientais e florestais.

Na fotogrametria só podem ser utilizadas fotografias ou imagens devidamente calibradas.

3.1 PROJEÇÃO CÓNICA

Qualquer fotografia é uma imagem perspectiva dos objectos fotografados. Isto porque, ela é o resultado do registo ou impressão da reflexão da luz solar que incidiu nos vários pontos do terreno ou objectos, após a passagem de todos os raios pelo centro do sistema de lentes, que se comporta como centro dessa perspectiva (figura.3)

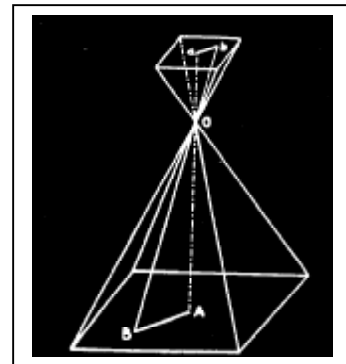


Figura.3 - Projecção cónica
Adaptada de Am.Soc.Pho. (1975)

O objectivo da fotogrametria é reconstituir esses feixes de raios que ficaram registados, de forma a passar novamente da imagem para o objecto. Para tal é necessário conhecer uma série de parâmetros relacionados com as condições do acto de fotografar e/ou os equipamentos utilizados, tais como: a altura do voo; a distância focal; entre outros.

Assim, de acordo com os esquemas apresentados nas Figuras 4 e 5 e os dados e fórmulas apresentados nas Tabelas 1 e 2, podem compreender-se muitas inter-relações entre vários destes parâmetros, de forma a conseguir efectuar a referida reconstituição. Na Figura 4, o esquema representa uma linha de voo ou de recolha de imagens consecutivas, enquanto a Figura 5 representa 2 linhas adjacentes, de recolha de imagens.

Figura.4 – esquema de linha de recolha de imagens consecutivas
Adaptada de Am.Soc.Pho. (1975)

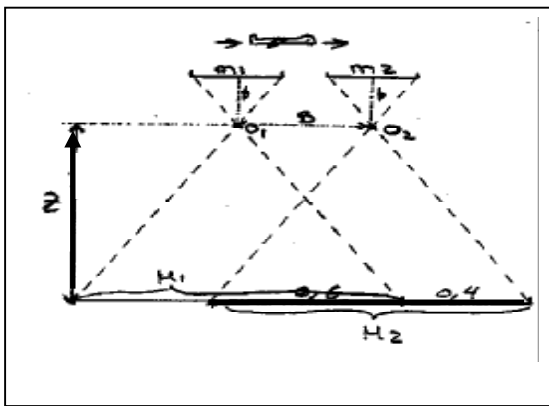


Tabela.1 – dados e fórmulas relacionados com a figura.2

- m1 e m2** – largura da foto
- f** – distância focal
- o1 e o2** – centro óptico
- M1 e M2** – largura da área fotografada
- S** – área a fotografar no terreno
- B** – base aérea (0,4 M1)
- Z** – altura do vôo
- Sobreposição longitudinal – 60%

Figura.5 – esquema de duas linhas adjacentes de recolha de imagens
Adaptada de Am.Soc.Pho. (1975)

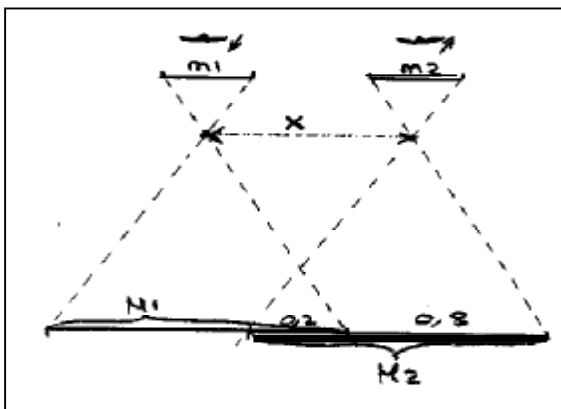


Tabela.2 – dados e fórmulas relacionados com a figura.3

- X** – distância entre duas linhas de voo adjacentes - (0,8 M1)
- Sobreposição lateral** – 20%

Assim podem calcular-se os seguintes parâmetros fundamentais na reconstituição do real.

- **Escala** = $1/D = m1/M1 = f/Z$
- **Comprimento do voo** (L) = S/X
- **Área Útil** (Au) = $B \times X$
- **Nº de fotos** = S/Au ou L/B

3.2 DEFORMAÇÕES

Dado o carácter cónico destas projecções, bem como a irregularidade da superfície dos objectos e/ou superfície terrestre, e ainda, sabendo que os raios reflectidos dos diversos objectos sofrem desvios ao atravessar as lentes, é inevitável compreender que há algumas distorções nas imagens que têm de ser consciencializadas. Assim, pode haver distorções de dois tipos, fundamentalmente:

3.2.1 Variações de escala

Este tipo de deformação pode facilmente ser compreendido ao observar o esquema da Figura.6 onde se pode verificar a diferença significativa existente das distâncias entre os locais A e B ou C e D, as quais são iguais no terreno mas, muito diferentes na imagem.

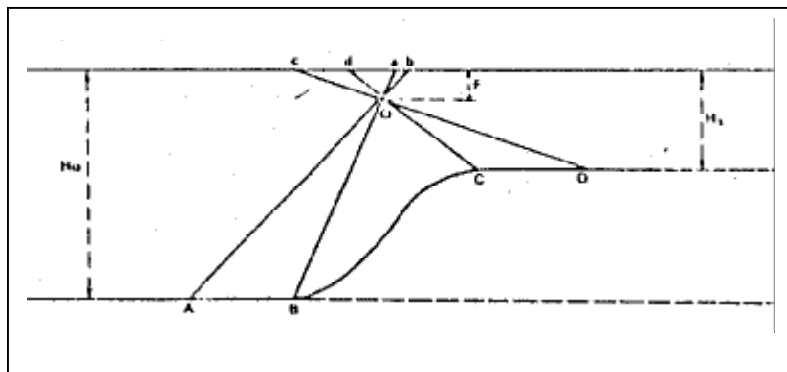


Figura.6 – deformação por variação de escala

Adaptada de Strandberg, (1967)

3.2.2 Deformações radiais

Este tipo de deformação pode ser compreendido ao observar o esquema da Figura.7 onde se pode verificar a diferença existente entre as dimensões dos objectos V_0 , V_1 , V_2 e V_3 , os quais são iguais no terreno mas, muito diferentes na imagem.

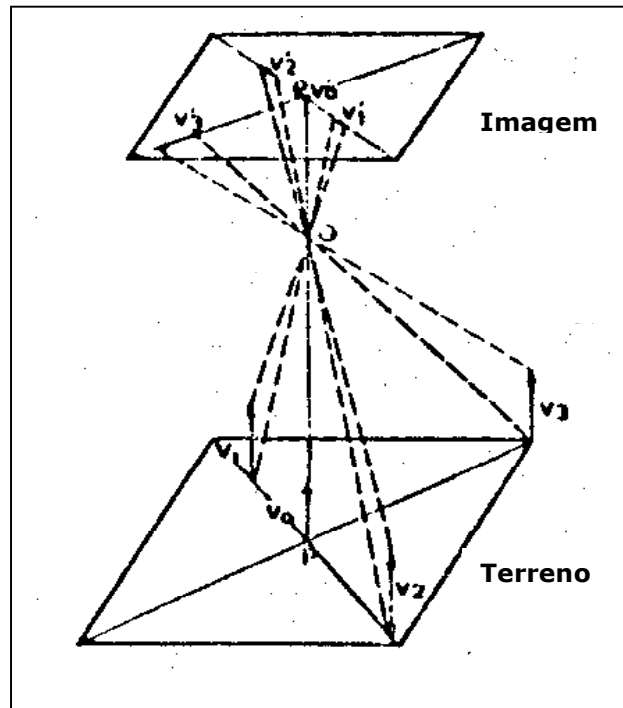


Figura.7 – Esquema da deformação radial
Adaptada de Strandberg, (1967)

3.2.3 Paralaxe

Paralaxe é o deslocamento aparente de um referencial, causado pelo deslocamento do observador. Um exemplo de paralaxe pode ser obtido quando uma câmara que está acoplada a um receptor em movimento, obtém uma imagem e segundos depois volta a obtê-la em posição diferente. Haverá deslocamentos das posições das imagens de uma foto para a outra, e estes serão, directamente proporcionais à altura do terreno. Estes deslocamentos nas imagens apresentam-se paralelos à linha de voo e são conhecidos como paralaxe estereoscópica. Assim, o termo paralaxe refere-se à mudança aparente das posições relativas de imagens de objectos, causada por uma mudança do ponto de vista. Um exemplo simples é a observação de diferentes objectos através da janela de um veículo. Aqueles que estão distantes, como montanhas aparentam deslocar-se menos em relação ao referencial (janela). Objectos mais próximos da janela aparentam mover-se mais rapidamente.

2.3 CONSEQUÊNCIAS DAS DEFORMAÇÕES

Os diversos tipos de deformações anteriormente referidas têm as seguintes consequências:

Não concordância com o fundo cartográfico - Uma carta caracteriza-se por uma escala constante e por uma projecção ortogonal e não por uma escala variável e projecção cónica.

Dificuldade em ligar duas fotos vizinhas - Como o mesmo objecto é visto segundo dois ângulos diferentes resultam duas imagens diferentes. Contudo, as deformações ligadas a uma projecção cónica (semelhante à do olho humano), vão permitir observar simultaneamente duas imagens do mesmo objecto segundo duas perspectivas diferentes, o que leva à percepção real do relevo – ESTEREOSCOPIA

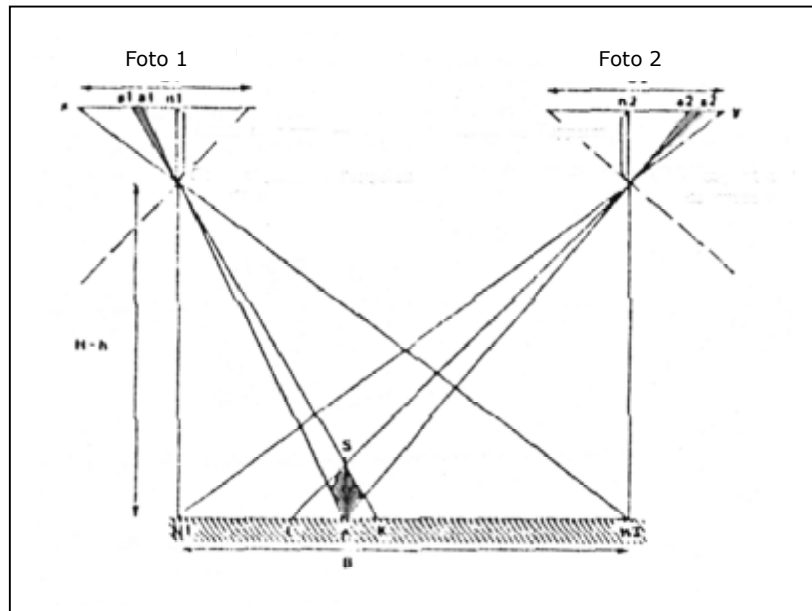
3.4 ESTEREOSCOPIA – PRINCÍPIOS FÍSICOS

Uma das características dos seres humanos, entre outros, é terem a possibilidade de ver aquilo que os rodeia em três dimensões. A terceira dimensão ou percepção de profundidade, resulta do facto de se captarem imagens do mesmo objecto, simultaneamente de dois ângulos diferentes. De facto, através dos nossos dois olhos, captam-se duas imagens ligeiramente diferentes de cada objecto e essas imagens fundem-se no cérebro numa imagem tridimensional.

Ora, é fácil de compreender que também se podem obter imagens a três dimensões se, a partir de duas imagens sucessivas, recolhidas a partir de pontos diferentes, com cerca de 60% de sobreposição longitudinal entre si. Quando observadas simultaneamente, e cada uma por um dos olhos do observador, geram paralaxe estereoscópica que transmite a noção de profundidade entre pontos de observação e proporciona a percepção das três dimensões do terreno (relevo), permitindo deste modo fazer medições rigorosas.

Estas duas imagens constituem o que se chama um “estereopar” e, através de equipamento especial (estereoscópio), que leva cada um dos nossos olhos a observar uma imagem em separado, é então possível reconstruir a terceira dimensão no nosso cérebro. Estes conceitos podem ser mais facilmente compreendidos ao observar o esquema da Figura. 8.

Figura.8 – Esquema representativo da reconstrução da terceira dimensão a partir de um estereopar de imagens



A característica mais importante da visão estereoscópica é o facto de obter coordenadas ou medições dos objectos sem necessidade de deslocar equipas de ao terreno.

Adaptada de Am.Soc.Ph. (1975)

3.4.1 Requisitos para visão estereoscópica

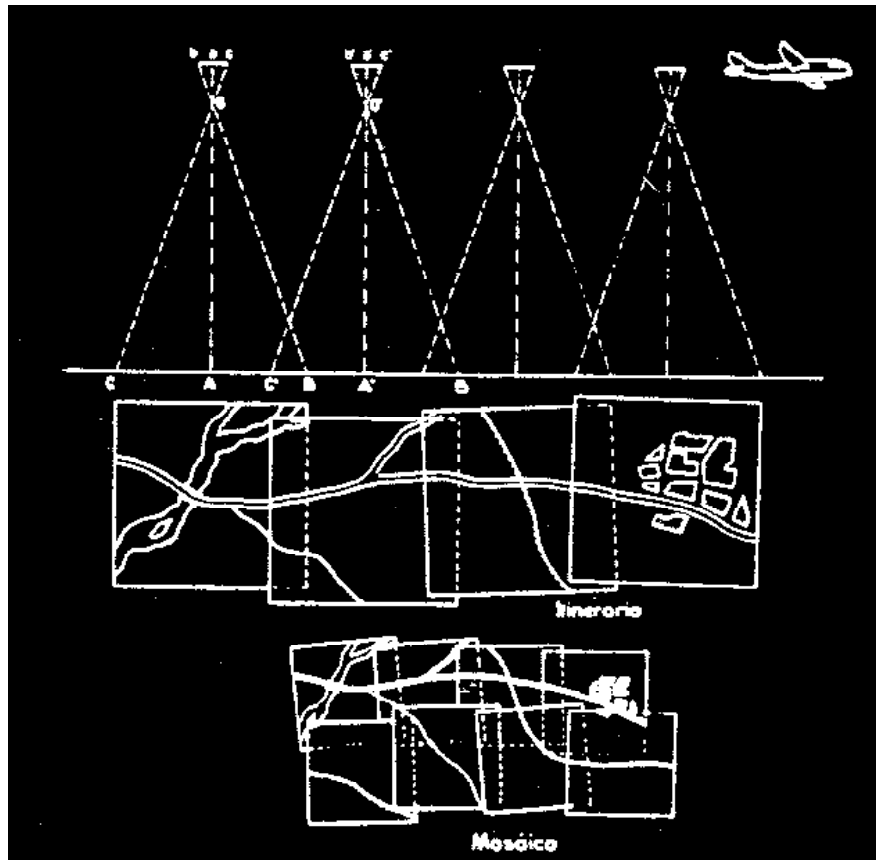
A fim de se conseguir tirar partido da visão estereoscópica é necessário cumprir certas condicionantes nas imagens observadas. Assim, consideram-se como requisitos para a visão estereoscópica:

- A relação B/Z de ser próxima de 0,25
- O estereopar tem de ter a mesma escala
- O eixo óptico da câmara, no decorrer dos disparos sucessivos, tem de estar no mesmo plano vertical e ser perpendicular ao plano horizontal de referência do terreno

3.5 EXECUÇÃO DE UMA MISSÃO DE RECOLHA DE IMAGENS PARA CARTOGRAFIA

Através da observação do esquema representado na Figura.9 pode compreender-se como decorre uma missão de recolha de imagens que permita a cartografia de uma determinada região.

Figura.9 – Esquema da sequência de recolha de imagens numa missão para cartografia



Adaptada de Strandberg, (1967)

3.5 IMAGENS OBLIQUAS

Dependendo do grau de inclinação do eixo óptico, pode obter-se uma perspectiva, ou seja, uma visão panorâmica do terreno. Esta perspectiva apresenta-nos os objectos de uma forma mais familiar dado que a nossa visão do mundo é em perspectiva, facilitando a sua análise.

Este tipo de imagens tem o inconveniente de não permitir distinguir bem as periferias e carecem de uniformidade de escala. A sua utilização é mais adequada em aprofundamento de estudos em locais já conhecidos do que na identificação de novos elementos. Elas não permitem visão estereoscópica e empregam-se como complemento das imagens verticais anteriormente referidas.

4. FOTO – INTERPRETAÇÃO

A interpretação da paisagem, através da correlação entre a realidade de campo e a fotografia aérea ou a imagem de satélite permite uma delimitação prévia das unidades taxonómicas de pedologia, que permite um melhor planeamento do trabalho de campo. Contudo, a foto-interpretação é uma técnica indispensável ao sucesso final dos trabalhos quer de levantamento ou cartografia pedológica, quer de delimitação de unidades homogéneas de terra para posteriores interpretações e decisões ao nível do planeamento do uso da terra.

Assim, pode definir-se a foto-interpretação como, o acto de examinar imagens com o fim de identificar objectos, áreas ou fenómenos e ajuizar o seu significado.

Quando a foto-interpretação é efectuada com o objectivo de elaborar cartografia pedológica, ela torna-se num exame dos elementos dos padrões fotográficos, quantitativos e qualitativos, que permitem diagnosticar as prováveis unidades de solos existentes em determinado local.

4.1 ACTIVIDADES DA FOTO-INTERPRETAÇÃO

O acto de foto-interpretar desenvolve-se através das seguintes actividades:

- Identificar
- Medir (áreas, perímetros, alturas, etc)
Por exemplo a Altura de um objecto é medida através da aplicação da seguinte fórmula $\rightarrow h = (Z \times d) / r$
Onde:
h – altura do objecto
Z – altura do vôo
d – distância entre o topo e a base do objecto
r – distância radial ao topo do objecto
- Resolver questões

4.2 PROCEDIMENTOS DA FOTO-INTERPRETAÇÃO

As diversas actividades desenvolvem-se ao longo da seguinte sequência de procedimentos:

- Reconhecimento e Identificação - Consiste na integração de observações dispersas numa apreciação global da paisagem.
- Análise - Consiste no exame de conjunto para dele separar os elementos constituintes e estabelecer as relações com o todo.
- Dedução - Objectos não directamente perceptíveis. Dependem de um raciocínio. É particularmente perigoso, pois requer sólidos conhecimentos do meio e suas correlações com a foto-imagem.
- Interpretação - Após a individualização, segue-se a identificação e a descrição.
- Classificação e Idealização - Ainda que condicionada pelo trabalho de campo esta fase pode ser considerada como a parte final do trabalho de gabinete.

4.3 TÉCNICAS OU MÉTODOS DE FOTO-INTERPRETAÇÃO

As técnicas ou métodos de foto-interpretação utilizados para levantamento de solos são: análise de padrões, análise fisiográfica, chaves de identificação e análise de elementos.

Análise de padrões

Os elementos padrões são indicativos de condições superficiais e subsuperficiais. (forma do terreno, drenagem, aspectos erosivos, vegetação, tonalidade fotográfica e aspectos culturais). Cada elemento padrão sugere certas condições de solo.

Análise fisiográfica

Segundo GOOSEN (1968), o termo Fisiografia tem origem no grego *physis* – natureza juntamente com *graphos* – descrição. Assim, identificar unidades fisiográficas é associar diferentes formas de relevo e posições dos solos nesse relevo determinando a sua delimitação provável.

Chaves de identificação

As chaves de interpretação são descrições de relações entre o aspecto dos registos que se observam e os objectos que lhes correspondem. Estas chaves podem ser desenvolvidas para auxiliar qualquer interpretador de qualquer imagem e podem ser de diversos tipos. Assim, podem ser uma espécie de chaves dicotómicas descritivas ou, desenhos ou com referências aos objectos que correspondem àqueles aspectos visuais, etc.

Análise de elementos

Ainda segundo Goosen (1968), as características da superfície da terra, estão de alguma maneira, relacionadas com o solo. A análise dos elementos ou parâmetros fotográficos, numa imagem, é feita separadamente em diversos elementos como por exemplo: a dimensão, a forma, as sombras; os tons ou cores; a textura; o padrão; a localização; a associação e a resolução. Assim:

- A dimensão – Numa imagem com uma escala conhecida, algumas medições e aplicações dos conceitos de fotogrametria, permitem determinar a dimensão dos objectos em análise e ao comparar uns com os outros consegue-se mais facilmente identificar cada um;
- A forma – este é um elemento importante pois alguns objectos têm formatos muito próprios o que lhes permite uma identificação rápida e fácil;
- As sombras – Este é um elemento que tanto pode ajudar como complicar a foto-interpretção. Por um lado as sombras permitem revelar silhuetas mas, por outro lado, escondem detalhes como por exemplo nas zonas ensombradas da parede de um edifício de grande porte ou de uma ravina, ou ainda, de uma encosta com declive elevado e arborização exuberante.
- Os tons ou cores – Por comparação com aquilo que se está habituado a observar e identificar, este elemento torna-se muito acessível ao foto-interpretador. Por exemplo: quanto maior a humidade do solo, mais escura é a tonalidade na imagem; solos arenosos reflectem mais e solos argilosos menos, donde se pode deduzir a sua textura; quanto maior o teor de ferro e matéria orgânica, mais escura a tonalidade. Contudo, se a imagem for de falsa-cor, é necessário ter experiência da relação entre as cores ou tons que ficam registadas e aquelas os nossos olhos vêem. Frequentemente é necessário um período de aprendizagem e treino para se conseguir alcançar uma boa foto-interpretção de falsa-cor. Não

obstante estas aparentes dificuldades, este elemento é um dos mais importantes pois conseguem-se registos de objectos ou fenómenos que os nossos olhos não captam, como por exemplo, o estado de saúde da vegetação.

- A textura – A impressão de rugosidade lisura, criada pela observação de alguns objectos é a chamada textura do objecto. Por vezes a textura é criada pela repetição de tons em grupos de objectos pequenos e difíceis de identificar por si só.
- O padrão – quando uma imagem regista uma característica de forma repetitiva, cria-se um padrão. É o caso de usos da terra com recurso a terraços, ou culturas feitas segundo curvas de nível.
- A localização – é um elemento ligado à posição dos objectos em relação ao terreno ou outros objectos, como por exemplo uma linha de vegetação identificada numa posição lateral em relação a uma linha de água, pode levar à interpretação de que será vegetação ripícola.
- A associação - alguns objectos surgem muito frequentemente associados com outros como por exemplo a presença de sulcos ao longo de toda uma encosta, indicam que aquela região está ou esteve sujeita a fortes enxurradas e tem problemas de erosão.
- A resolução – é um elemento que limita ou ajuda o foto-interpretador, de acordo com as suas necessidades de pormenorizar o estudo.

Todos estes elementos em conjunto permitem ao foto-interpretador interpretar uma série de fenómenos que ocorrem na paisagem e assim, deduzir acerca dos solos e outros factores importantes (destrutivos ou benéficos) para a cartografar e auxiliar o planeamento. Desta forma, por exemplo:

- O relevo é directamente visível na fotografia aérea (melhor ainda se observada em estereoscopia) e é um factor de formação do solo. Assim, uma mudança de relevo significa, regra geral, mudança de solo. Por esse motivo ele é o principal elemento utilizado na foto-interpretação pedológica.
- A rede de drenagem natural é, depois do relevo, um óptimo indicador das condições do terreno, sendo o elemento mais consistente e confiável. A sua fácil visualização nas fotografias aéreas ou imagens digitais, favorece a utilização de correlações com os tipos de solos

- A erosão é um elemento que possibilita estudar e relacionar as formas e dimensões da rede de drenagem natural com solos de diferentes texturas.
- A vegetação natural é um elemento de fácil visualização em fotografias aérea e imagens digitais, podendo ser associada ao solo. Assim, uma grande concentração de vegetação de grande porte pode indicar solos mais profundos. O grande problema que ocorre é que grande parte da vegetação natural já foi removida.
- O uso actual pode ser um indicativo que possibilitará fazer correlações com os solos. Contudo, o tipo de dedução, interpretação e classificação, são completamente diferentes das utilizadas para a vegetação natural.

4.4 MÉTODOS DE ANÁLISE ESPACIAL POR FOTO-INTERPRETAÇÃO

Os métodos que a foto-interpretação utiliza na análise espacial para efectuar cartografia de solos podem ser directos ou indirectos. Segundo Carmo et al. (1990), uma unidade de solo é uma área indivisível com características próprias em termos de produtividade, sendo reflexo, em última análise, da interacção de todas as variáveis biológicas e ambientais que afectam o crescimento.

4.4.1 Métodos directos

Baseiam-se em medições da capacidade produtiva.

Método comparativo

Utilizam a comparação e confrontação entre os vestígios ou estruturas encontradas com elementos do mesmo tipo já conhecidos. Apresentam muitas limitações pois as estruturas são, quase sempre, complexas e atípicas

4.4.2 Métodos indirectos

As estruturas existentes na paisagem têm 2 grandes origens:

- A. Causas de origem física – condicionam a actividade humana (montanhas e rios funcionam como barreiras)
- B. Causas que decorrem da actividade humana

- Desenvolvimento da expansão natural da exploração do solo (formas radiais ou estreladas)
- Imposição de limites nos campos (colonizações internas)
- Trabalhos que condicionam a paisagem (barragens, auto-estradas)

4.4.2.1 Decomposição de uma paisagem

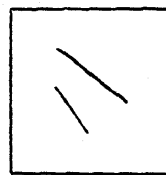
Para decompor uma paisagem em estruturas/tipo identificam-se LIMITES

Identificação de estruturas / tipo que se associam aos limites:

Limites de extremo a extremo

Regra geral são significado de:

- Estradas
- Fósseis de estrada
- Ribeiras
- Caminhos de ferro

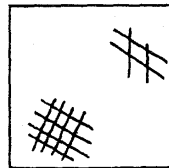


Adaptado de Barata, (1989)

Parcelamentos regulares quadriculados

Regra geral são significado de:

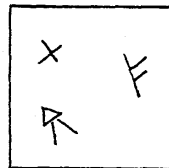
- Cadastros antigos
- Emparcelamentos
- Planos de aldeias e vilas



Estruturas não quadriculadas

Regra geral são significado de:

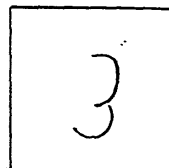
- Estruturas radiais
- Drenagens
- Planos de aldeias e vilas



Parcelamentos curvilíneos

Regra geral são significado de:

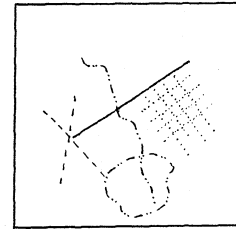
- Rios e lagos
- Curvas de estradas
- Núcleos ou perímetros envolventes de núcleos urbanos



Adaptado de Barata, (1989)

Contudo, na paisagem, a maioria dos limites não estão no estado "puro". Verifica-se a existência simultânea de várias associações de estruturas / tipo.

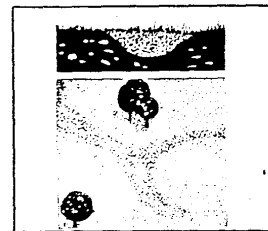
O mais normal é, os cadastros encontrarem-se ligados a uma estrada e relacionados com um núcleo de importância variável, não obstante serem dependentes e indicadores de tipos de solos diferentes.



Adaptado de Barata, (1989)

Índices hidrográficos - Prospecção Pedológica

Resultam de alterações ou anomalias no teor de humidade do solo. Ex: A neve que cobre uma área no Inverno, derrete primeiro em locais que se encontrem sobre fossas.

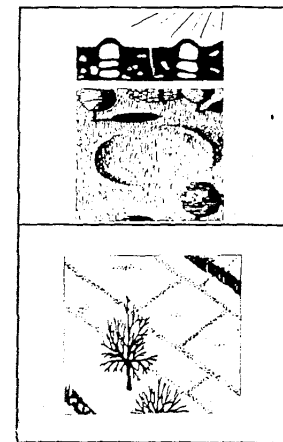


Adaptado de Barata, (1989)

Índices de sombra - Prospecção Pedológica

As sombras projectadas por micro-relevo são invisíveis no solo e resultam da acumulação de neve ou de depressões do próprio solo sobre estruturas subterrâneas.

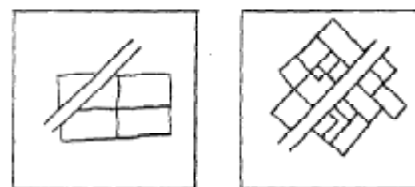
Estas sombras só são postas a descoberto pela luz rasante e por isso é ao princípio ou ao fim do dia que se podem analisar estes índices



Adaptado de Barata, (1989)

Análise cronológica

Determinar se os limites das parcelas são dependentes ou independentes da via ou vias que lhe são contíguas. Assim, se os limites das parcelas atravessam o caminho como se ele não existisse, significa uma relação de independência, ou seja, o parcelamento é anterior ao caminho.



Adaptado de Barata, (1989)

Contudo, se o emparcelamento existe apoiado nos limites do caminho e é com ele ou a partir dele que se articula, significa que existe uma relação de dependência, ou seja, o caminho é anterior ao parcelamento.

5. BIBLIOGRAFIA

- American Society of Photogrammetry - (Am.Soc.Pho.), 1975. *Manual of Remote Sensing – Volumes I e II*, Leonard W. Bowden (ed), USA
- Barata, F. T., (1989). *Paisagem em História – Técnicas de Análise (A Fotografia Aérea-II)*, (ciclostilado). Universidade de Évora. Évora
- Berberan, A., 2001. *Elementos de Fotogrametria Digital*. Universidade de Coimbra. Coimbra
- Carmo, D.N.; Resende, M. & Silva, T.C.A. 1990. *Avaliação da aptidão das terras para eucalipto*. Novais, R.F. (Ed.). Lisboa
- Clifford W. G., 1997, *Digital Photogrammetry, an Addendum to the Manual of Photogrammetry of ASPRS*, American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, USA
- Embrapa-Spi, 1995. *Procedimentos normativos para levantamentos pedológicos*. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Brasília
- Goosen, D. ,1968. *Interpretacion de fotos aereas y su importancia en levantamiento de suelos*. FAO, Boletin sobre Suelos 05, Roma
- Hansen, E.A. 1975, *A comparison between photogrammetric and conventional measuring*, J. Nordbladh and J. Rosvall (ed.). University of Göteborg
- Kraus, K. & Dümmler, F., 1993. *Photogrammetry, vol.1. Fundamentals and standard processes*, Verlag, Bonn
- Ranzani, G., 1969. *Manual de levantamento de solos*. Edgard Blucher Lt^{da}.(Ed.). São Paulo
- Strandberg, C. H., 1967. *Aerial Discovery Manual*. John Wiley & Sons Ltd. (Ed.). New York