



Noções Teóricas e Práticas de Fotogrametria

02 CAPÍTULO

Neste capítulo você irá compreender alguns conceitos importantes relacionados com o universo da FOTOGAMETRIA. Esses conceitos serão de muito importantes para a resolução dos exercícios práticos no final deste capítulo.

Os objetivos propostos para esse capítulo são:

- Noções teóricas de FOTOGAMETRIA.
- Noções práticas de FOTOGAMETRIA.

2.1 HISTÓRICO DA FOTOGAMETRIA

A palavra fotogrametria é formada da junção de três palavras de origem grega (*photon – graphos – metron*), tendo o seguinte significado:

- Luz.
- Descrição;
- Medida

Ela pode ser definida como sendo a ciência ou a arte de se obter medidas dignas de confiança, através de fotografias aéreas (aerofotos).

Muito associado a FOTOGAMETRIA está a fotointerpretação. Está dirá a natureza do terreno, tip de solo e vegetação, sistema de drenagem e outros fatores que auxiliam na interpretação das aerofotos.

O primeiro trabalho prático com câmeras fotogramétricas, foi realizado pelo engenheiro AIMÉ LAUSEDAT no ano de 1850. Este é considerado o pai da FOTOGAMETRIA. Ele combinou o TEODOLITO com a FOTOGAMETRIA elaborando o FOTOTEODOLITO.

Abaixo são mostrados alguns fatos históricos relacionados com a FOTOGAMETRIA:

- **1851:** fazendo uso do FOTOTEODOLITO, AIMÉ LAUSEDAT conceituou na ciência o estudo da FOTOGAMETRIA TERRESTRE ou ESTEREOFOTOGAMETRIA.
- **1851 – 1900:** acoplamento de câmeras aerofotogramétricas panorâmicas em zepellin.
- **1913:** aparecimento do avião, sendo coletado as primeiras fotografias aéreas para o mapeamento.
- **1936 – 1940:** surgimento de melhores câmeras e aerofotos devido a SEGUNDA GRANDE GUERRA MUNDIAL.

2.2. PERCEPÇÃO ESTEREOSCÓPICA

Na fotogrametria, pode-se interpretar aerofotos, obtendo uma visão tridimensional de uma determinada área, por meio de um equipamento denominado ESTEREOSCÓPIO (ESTEREOSCOPIA). Logo, é necessário trabalhar com pares de aerofotos sequentemente numeradas juntamente com o ESTEREOSCÓPIO.

Somente com o par de aerofotos e o ESTEREOSCÓPIO pode-se conseguir a percepção tridimensional da área aerofotografada.

Para que seja efetuada a estereoscopia em determinada área de um par de aerofotos, será necessário que o paralelismo dos eixos óticos sobrecaiam nas duas aerofotos como mostrado na Figura 2.1. Nesse caso, cada eixo ótico está incidindo diretamente em um mesmo ponto do ápice de um pinheiro que aparece em cada uma das fotografias aéreas. Quando isso acontece, os nervos óticos conduzirão a um só ponto do cérebro as imagens do respectivo pinheiro e, imediatamente passa-se a sentir a sensação de profundidade de imagem, o que conduzirá à PERCEPÇÃO TRIDIMENSIONAL do mesmo. Assim como observa-se tridimensionalmente o citado pinheiro, ter-se-á também a percepção estereoscópica de toda a área de recobrimento existente entre as duas aerofotos.

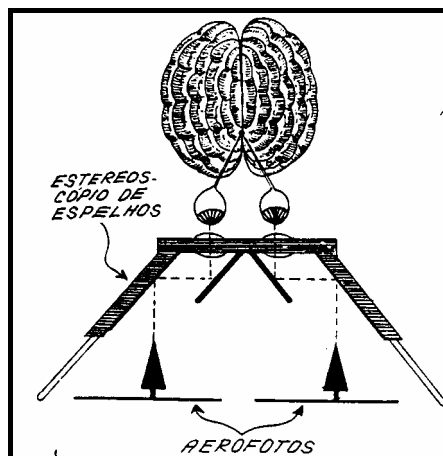


Figura 2.1. Estereoscopia.

2.3. RECOBRIMENTO ENTRE AEROFOTOS

A cobertura fotográfica de uma região deve ser realizada de modo que a área de superposição longitudinal, ou entre fotos consecutivas, não seja inferior a 50%, assegurando a visão tridimensional da área. Comumente, estabelece-se 60% de superposição longitudinal e 30% de superposição lateral ou entre faixas, para garantir o recobrimento total da região (Figura 2.2 e 2.3).

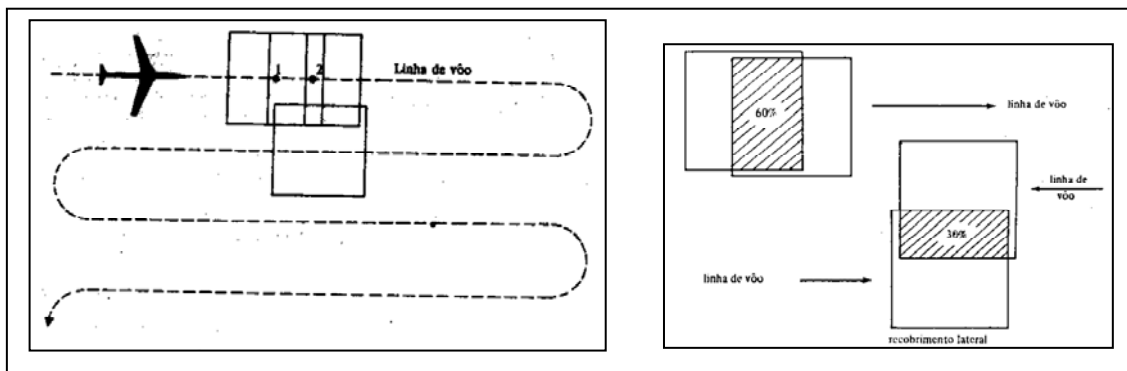


Figura 2.2. Esquema de voo.

PORQUE O RECOBRIMENTO ENTRE AS AEROFOTOS DEVE SER DE 60%?

É porque apenas dentro dessa faixa de 60% que se pode alcançar a percepção estereoscópica.

Se quiser-se fazer a estereoscopia integral de uma determinada aerofoto, ter-se-á que trabalhar não mais com um par de fotografias aéreas, mas sim, com três aerofotos sequentemente numeradas (Figura 2.4).

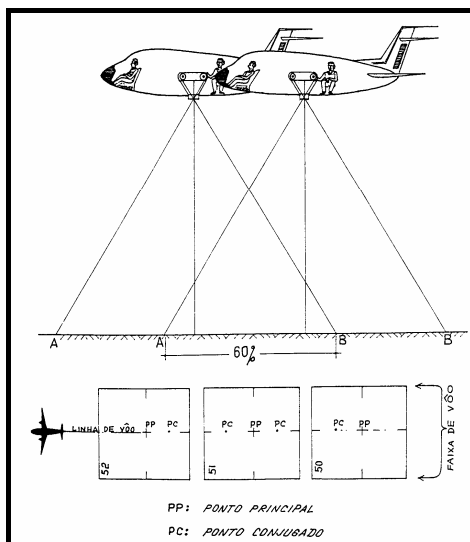


Figura 2.3. Ponto principal e conjugado de uma aerofoto.

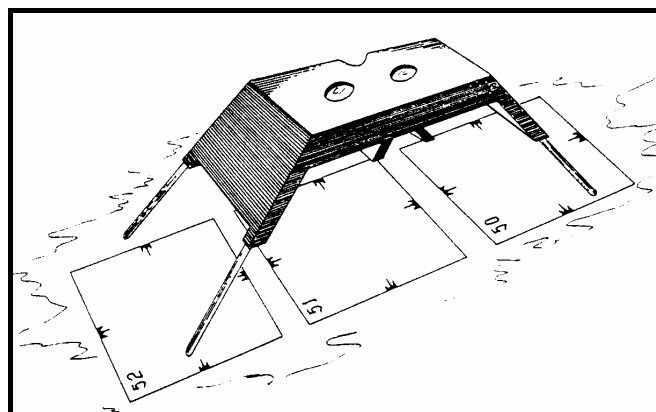


Figura 2.4. Estereoscopia integral de uma determinada aerofoto.

É na aerfoto de número 51 onde se pode observar um tridimensionalismo integral, isto porque a projeção cônica da aerfoto de número 50 recobre a aerfoto de número 51 em um valor de 60%, o mesmo acontecendo com as projeções cônicas das aerofotos de número 51 e 52. Como se pode notar, a soma dos valores percentuais de recobrimento, $60\% + 60\% = 120\%$, ultrapassa os 100% da aerfoto central.

EXERCÍCIO PRÁTICO 1: VISÃO TRIDIMENSIONAL DE AEROFOTOS ORINDAS DO MUNICÍPIO DE ALEGRE E JERÔNIMO MONTEIRO, ES

Antes de iniciarmos esta prática, abaixo é mostrado algumas definições importantes:

- **ESTEREOSCOPIA:** percepção tridimensional induzida dos objetos a partir de duas imagens planas de uma mesma cena, tomadas de posições diferentes.
- **IMAGENS HOMÓLOGAS:** fusão das cenas comuns às duas imagens que ocorre no cérebro.
- **ESTEREOMODELO:** visualização de um modelo tridimensional.
- **ESTEREOPAR:** par de fotografias que possuem características estereoscópicas.
- **ESTEREOSCÓPIO:** instrumentos óticos que facilitam a visualização estereoscópica de estereopares.
- **ESTEREOGRAMA:** estereopar corretamente montado para uma visualização estereoscópica.

Visando testar sua visão estereoscópica sem o uso do ESTEREOSCÓPIO, vamos fazer a seguinte prática:

1. Focalize um objeto nítido e distante de você, concentrando sua atenção nele.
2. Coloque agora, o dedo indicador à sua frente, a aproximadamente uns 50 cm de distância de seu nariz.
3. Se você concentrar sua atenção primeiramente no objeto mais distante, você perceberá duas imagens distintas de seu dedo.
4. Se você fixar a atenção (focalizar) o objeto mais próximo (dedo indicador), fará com que o objeto mais distante apresente agora duas imagens.

Os ESTEREOSCÓPIOS são classificados em dois grupos:

- **GRUPO 1: ESTEREOSCÓPIOS DE LENTES:** também denominados de ESTEREOSCÓPIOS DE BOLSO, devido à sua portabilidade (Figura 2.5).

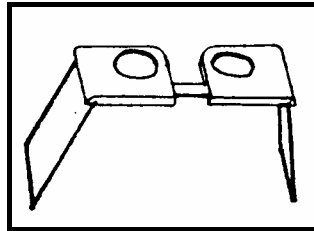


Figura 2.5. Estereoscópio de lente.

- **GRUPO 2: ESTEREOSCÓPIOS DE ESPELHOS:** também denominados de ESTEREOSCÓPIOS DE REFLEÃO (Figura 2.6). O conjunto de espelhos e prismas possibilita um maior campo de visualização simultânea da região de cenas homólogas.

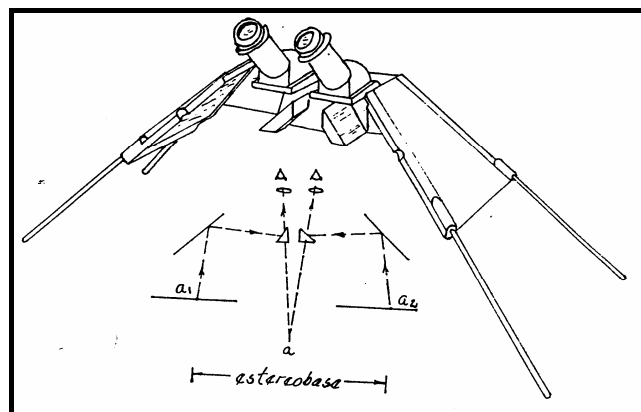


Figura 2.6. ESTEREOSCÓPIO DE ESPELHO.

Abaixo são mostrados os passos para a execução de um teste de PERCEPÇÃO ESTEREOSCÓPICA de aerofotos oriundas do município de Alegre e Jerônimo Monteiro, ES, distribuídas pelo professor:

1. Observe como se abre e se fecha o ESTEREOSCÓPIO DE ESPELHO. Nunca forçá-lo ao abrir ou ao fechar. Oriente o ESTEREOPAR sobre a mesa, de modo que as cenas homólogas fiquem situadas uma à esquerda da outra, ou seja, no mesmo alinhamento dos seus olhos.
2. Se seu ESTEREOSCÓPIO DE ESPELHO permitir, ajuste o afastamento entre as lentes à sua distância interpupilar. Identifique, no ESTEREOGRAMA, duas IMAGENS HOMÓLOGAS.
3. Agora coloque o ESTEREOSCÓPIO DE ESPELHO sobre o ESTEREOGRAMA de tal forma que cada lente situa-se sobre a respectiva IMAGEM HOMÓLOGA.
4. Segurando o ESTEREOSCÓPIO DE ESPELHO firmemente nesta posição, proceda da seguinte forma:
 - Escolha um ponto bem nítido à sua frente, uma árvore, por exemplo.
 - Deixe sua vista acomodar a esta observação.
 - Agora feche os olhos suavemente e, ainda com eles fechados, aproxime-os do ESTEREOSCÓPIO DE ESPELHO, posicionando-se para uma observação confortável. Isto

implica em fazer com que o eixo ótico de cada um de nossos olhos fique perpendicular à superfície da mesa.

- Agora abra os olhos. Nesse momento, você deverá perceber o modelo em terceira dimensão.
- 5. Conseguindo a visualização do ESTEREOMODELO, fique algum tempo observando cuidadosamente seus detalhes. A sensação de profundidade deverá se acentuar. Se não conseguir observar o efeito estereoscópico, peça auxílio ao professor.

EXERCÍCIO PRÁTICO 2: USANDO O APLICATIVO COMPUTACIONAL ARCMAP DO ARCGIS

Visando elaborar o mapa de uso e ocupação do solo da BACIA HIDROGRÁFICA JERUSALEM, pertencente ao município de Alegre, ES, inicialmente, dever-se-á utilizar a apostila contida na home-page de FOTOGAMETRIA intitulada:

- USANDO O ARCMAP DO ARCGIS.

EXERCÍCIO PRÁTICO 3: REALIZANDO EDIÇÃO NO ARCMAP DO ARCGIS

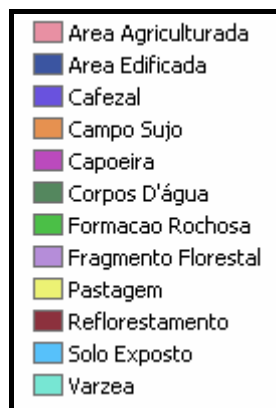
Novamente, visando elaborar o mapa de uso e ocupação do solo da BACIA HIDROGRÁFICA JERUSALEM, pertencente ao município de Alegre, ES, dever-se-á utilizar a apostila contida na home-page de FOTOGAMETRIA intitulada:

- REALIZANDO EDIÇÃO NO ARCMAP DO ARCGIS.

EXERCÍCIO PRÁTICO 4: ELABORAÇÃO DO MAPA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA BACIA HIDROGRÁFICA JERUSALEM, PERTENCENTE AO MUNICÍPIO DE ALEGRE, ES

De posse de todo conhecimento adquirido nos EXERCÍCIOS PRÁTICOS 2 e 3, você deverá utilizar o MOSAICO AEROFOTOGAMÉTRICO distribuído pelo professor para elaborar o mapa de uso e ocupação do solo da BACIA HIDROGRÁFICA JERUSALEM, pertencente ao município de Alegre, ES, seguindo os seguintes passos:

- 1) Delimitação da área de estudo.
- 2) Criação do shapefile poligonal que irá conter as CLASSES DE USO DO SOLO.
- 3) Digitalização das seguintes CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO:



- 4) Elaboração do layout contendo o MAPA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA BACIA HIDROGRÁFICA JERUSALEM.

2.4. CÂMERAS AEROFOTOGRAMÉTRICAS

A câmera aerofotogramétrica é quase que semelhante a uma câmera fotográfica comum, diferente apenas em tamanho e materiais técnicos que a acompanham.

De uma maneira geral, o princípio de funcionamento dessas câmeras é mesmo das câmeras comuns, sendo, porém, que a estas foram acrescentados vários acessórios técnicos, para atender a diversas finalidades durante a coleta das aerofotos de uma determinada região (Figura 2.7e 2.8).

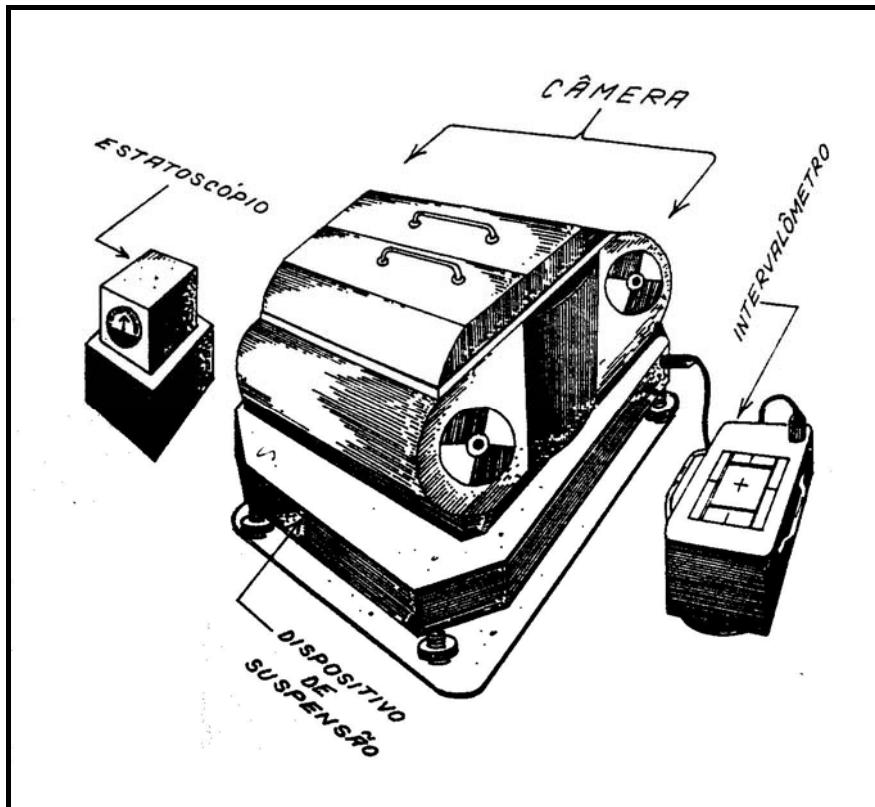


Figura 2.7. Câmera aerofotogramétrica.

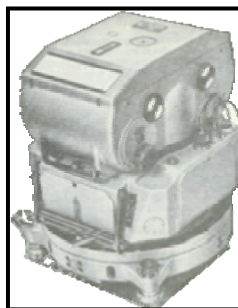


Figura 2.8. A câmara aérea RMK 21/18, cuja lente de 210 mm quase não tem distorção, e de extraordinária resolução das imagens.

Toda câmera aerofotogramétrica é dotada de maior capacidade de filme (bobinas de 60 metros.) O formato de cada aerofoto é bem maior do que o das fotos comuns, pois apresentam-se com as dimensões de 23 x 23 centímetros, tanto para os negativos, como para os positivos. Além disso o funcionamento da mesma é automático.

Foram também adicionados a essas câmeras, outros mecanismo com a finalidade de tomar as operações mais simples e rápidas, bem como produzir resultado de alta precisão. De um modo geral, essas câmeras são constituídas das seguintes partes essenciais conforme se esta demonstrando, mediante o desenho de um corte longitudinal dado à mesma (Figura 2.9).

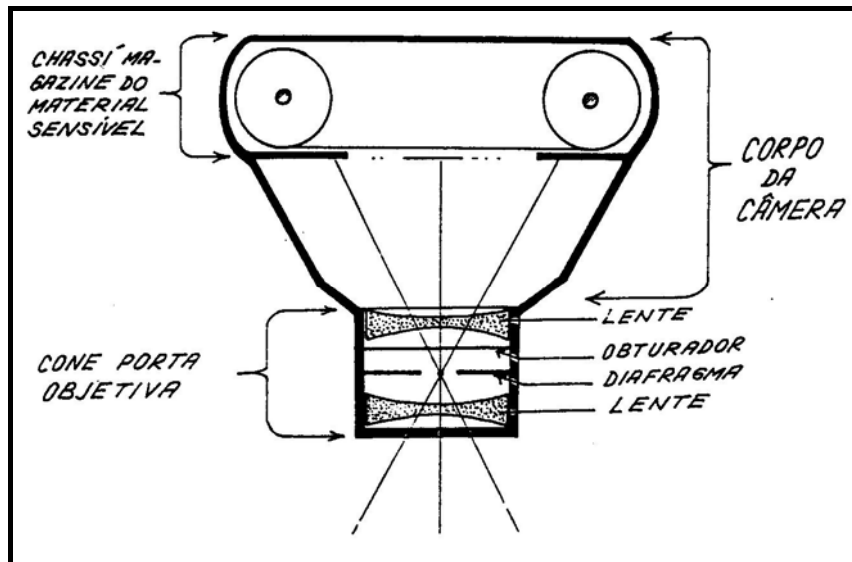


Figura 2.9. Corte longitudinal de uma câmera aerofotogramétrica.

2.4.1. CONE PORTA OBJETIVA

No mesmo estão montados o obturador, diafragma e um sistema de lentes de poder de resolução.

Referido cone pode ser destacado do corpo da câmera e de início colocado diretamente no dispositivo de suspensão da câmera, dispositivo esse que se encontra já acoplado na base do avião. É o que se pode observar na Figura 2.10.

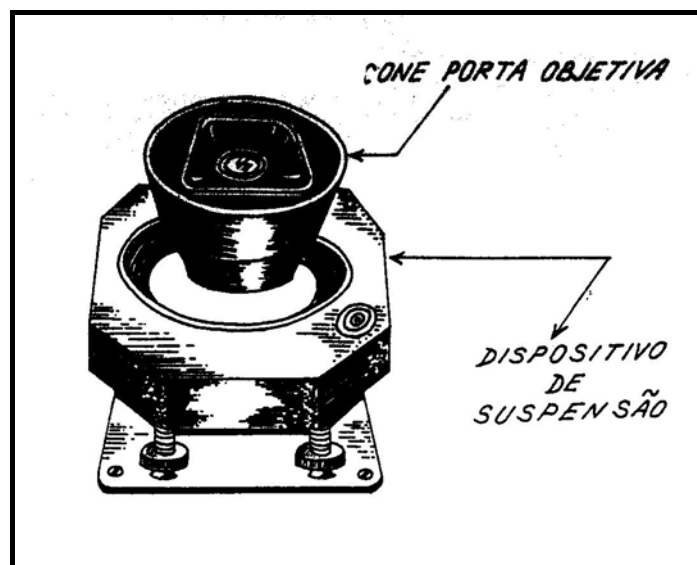


Figura 2.10. Cone porta objetiva acoplado no dispositivo de suspensão da câmera.

2.4.1.1. OBTURADOR

Apresenta a função de deixar penetrar luz na câmera escura, por um determinado espaço de tempo.

A velocidade de abertura e fechamento do obturador dar-se em frações de segundo. A referida velocidade pode variar de 1/50 de segundo a 1/3000 de segundo. Dependendo da altura em que o avião encontra-se e da velocidade em que ele navega, o obturador será ajustado para baixa ou alta velocidade de abertura e fechamento. Usam-se pequenas velocidade para grandes alturas: 6000 a 9000 metros, e grandes velocidades para pequenas alturas: 600 a 1200 metros.

O obturador, quando programado para trabalhar em grande velocidade, deve receber um filme de alta sensibilidade, ou melhor especificando, filme em que os cristais de halogenetos de prata que o compõe apresentem-se com grânulos graúdos. O obturador quando programado para trabalhar em pequena velocidade, deve receber um filme de grande poder de resolução, ou seja, filme em que os cristais de halogênios de prata que o compõem apresentam-se grânulos extremamente finos. Nos desenhos abaixo (Figura 2.11) tracejados está-se mostrando a posição em que fica o obturador de uma câmera no cone porta objetiva da mesma, bem como está-se, também, mostrando filmes de grande poder de resolução e de alta sensibilidade.

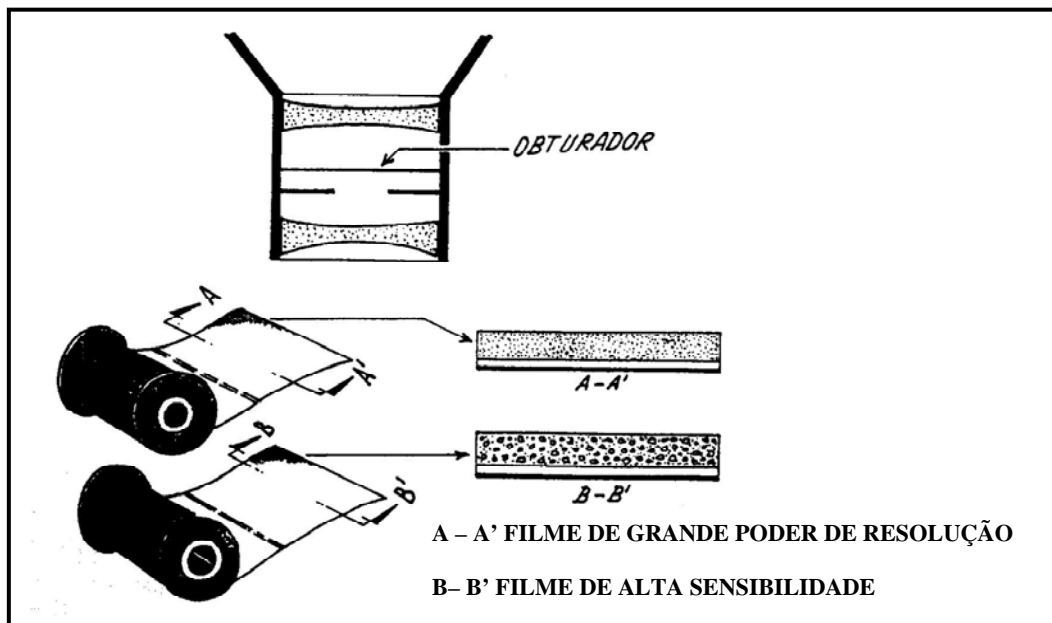


Figura 2.11. Posição em que fica o obturador de uma câmera no cone porta objetiva e os filmes de grande poder de resolução e de alta sensibilidade.

2.4.1.2. DIAFRAGMA

Regular a quantidade de luz que vai sensibilizar o filme. O diafragma é também denominado de ÍRIS OU PUPILA da câmera devida á sua grande semelhança com o olho humano.

Dependendo da luminosidade solar, da velocidade de abertura e fechamento do obturador e do tipo de filme com qual se esta trabalhando, controla-se o diâmetro de abertura de luminosidade do diafragma, o qual poderá ser controlado desde uma pequena fração de apenas 1 milímetro, até a um diâmetro de luminosidade integral do mesmo.

O controle da abertura de luminosidade do diafragma esta conjugado ao tipo de filme usado, bem como a velocidade do disparo do obturador da câmera. É o caso, por exemplo, de filme dotado de alta sensibilidade subordinando a um obturador controlado para um disparo em

grande velocidade. Pode-se dar como exemplo, um disparo do obturador a uma velocidade de 1:800 de segundo programado para uma pequena abertura de luminosidade do diafragma em valores de 11 ou 16 (Figura 2.12).

Um outro caso seria o exemplo de um filme dotado de grande poder de resolução, subordinado também a um obturador dotado da mesma velocidade já anteriormente mencionado. Para este caso o controle da abertura de luminosidade do diafragma deverá ser bem maior que o anteriormente citado, podendo apresentar valores de 6 ou 8.

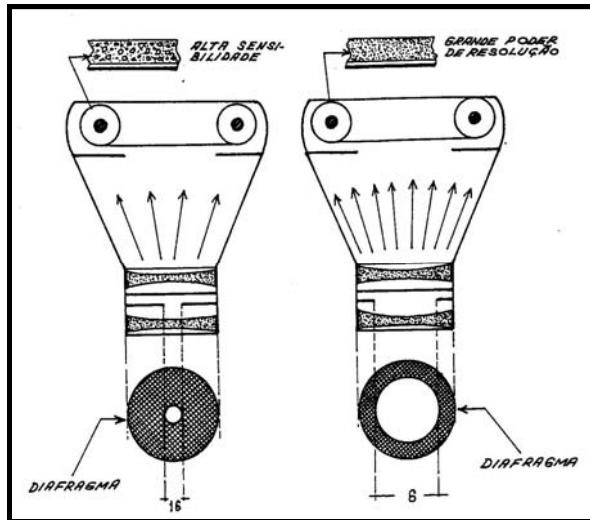


Figura 2.12. Aberturas do diafragma.

Além das partes essenciais da câmera aerofotométrica, existem também as partes acessórias, que são:

A. DISPOSITIVO OU MECANISMO DE SUSPENSÃO DA CÂMERA: Por intermédio do qual a câmera é montada no avião, tem por finalidade amortizar as vibrações do avião, além de possuir um nível esférico de bolha, o qual possibilita verificar se o avião está ou não em um nivelamento perfeito. Neste nível, existem várias circunferências concêntricas, as quais indicam os graus de inclinação sofridos entre o eixo ótico a câmera e a vertical do lugar. A cada tangenciamento da bolha do nível com um dos círculos, significará um desvio angular de 1° (um grau) em relação ao eixo ótico da câmera e a vertical do lugar. Correndo a bolha do nível em relação ao eixo x, a inclinação sofrida será na frente ou na cauda do avião. Correndo a bolha do nível em relação ao eixo y, significará o levante ou descida de um dos lados das asas do avião (Figura 2.13).

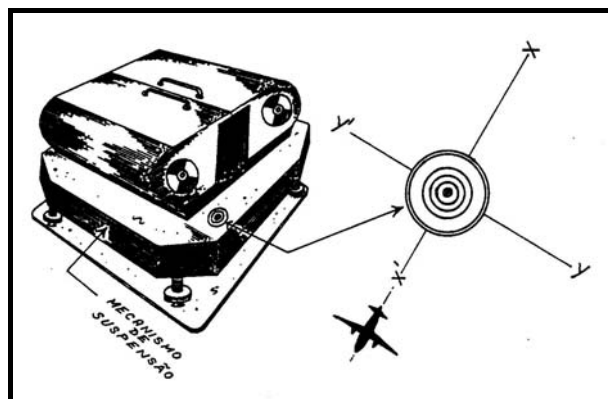


Figura 2.13. Mecanismo de suspensão.

- B. INTERVALÔMETRO OU REGULADOR DE RECOBRIMENTO:** Permite tirar fotografias sucessivas, automaticamente, em intervalos predeterminados. Possui um visor onde o operador pode observar a área que está sendo coberta, orientando corretamente a linha de vôo. O intervalômetro é controlado para que o obturador da câmera dispare automaticamente em cada fração de segundo a que a máquina está graduada.
- C. ESTETOSCÓPIO OU ALTÍMETRO:** É o instrumento que permite registrar pequenas variações de altura de vôo do avião, controlando desta maneira o valor da escala a que a aerofoto foi programada.

2.4.2. CORPO DA CÂMERA

Também chamado de câmera escura, tem à sua frente o cone porta objetiva e o chassi magazine do material sensível (filme).

No corpo da câmera é arranjada a maior parte dos dispositivos para regular o tempo de exposição do filme no disparo do obturador para o enrolamento do filme e para dispor o filme perfeitamente distendido em um plano de exposição.

2.4.3. CHASSI MAGAZINE

Chassi magazine do material sensível é dispositivo que contém o filme aerofotogramétrico, filme esse que está passando sobre o plano de exposição e enrolando-se novamente em uma segunda bobina. Este chassi apresenta capacidade para receber rolos de filme dotados de algumas centenas de exposição. O magazine onde o filme encontra-se é equipado por um sistema de vácuo no plano focal no momento exato da exposição, o que permite deixar o filme bem esticado e perfeitamente horizontalizado. Isso é muito importante para fotografias aéreas, desde que a falta de horizontabilidade do filme causaria distorções inadmissíveis da imagem aerofotografada. A Figura 2.14 demonstra um corte longitudinal do chassi magazine do material sensível.

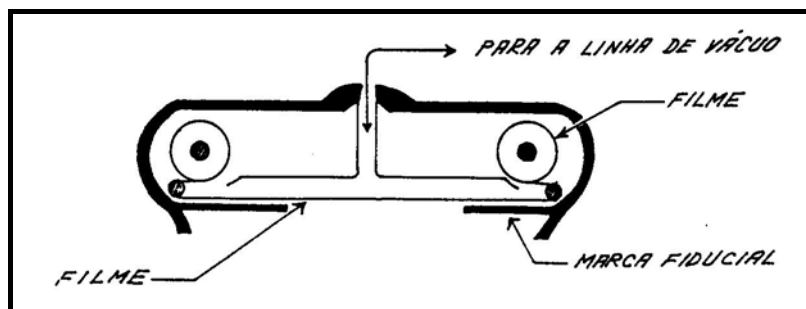


Figura 2.14. Corte longitudinal do chassi magazine do material sensível.

2.5. FILMES

2.5.1. NEGATIVOS E POSITIVOS AEROFOTOGRAFÉTRICOS

De toda a gama de radiações do Espectro Eletromagnético, o intervalo mais importante para a fotografia aérea é o correspondente aos raios visíveis e ao infravermelho próximo.

O espectro visível é aquele que pode ser observado pelo ser humano, com diferenciação de cores.

Quando um feixe de luz solar passa por um prisma, esse feixe será disperso em cores visíveis. E como se estivesse observando as cores de um arco-íris, que nada mais é do que a dispersão de luz solar em gotículas d'água da chuva (Figura 2.15)

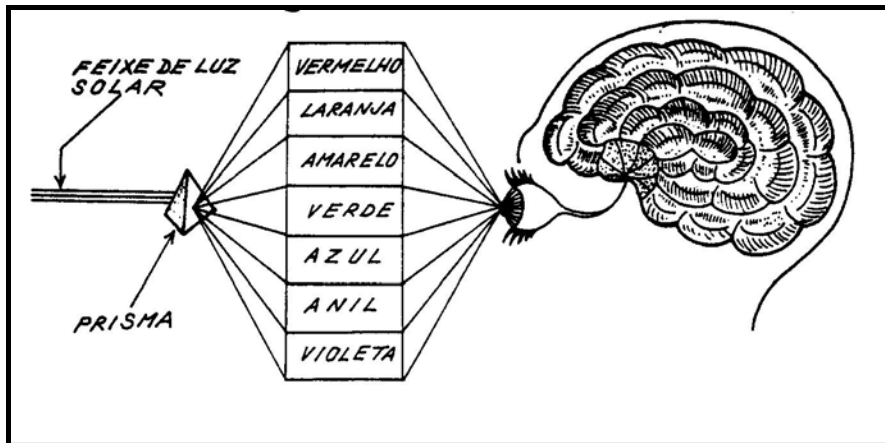


Figura 2.15. Decomposição da luz branca sobre um prisma.

A área do espectro eletromagnético utilizável para fotografias aéreas é a região do visível, todavia, ela penetra um pouco em uma outra região acima do visível, região essa chamada de infravermelha.

2.5.2. CONSTITUIÇÃO FÍSICA DO FILME

O filme ou negativo aerofotogramétrico é constituído de 3 camadas que são:

1. **EMULSÃO FOTOGRÁFICA:** a emulsão fotográfica está composta de gelatina com cristais de halogenetos de prata (AgBr; AgI; AgCl), formando a parte sensível à luz. Quando o filme é exposto, a luz libera a prata dos cristais de halogeneto, em quantidade proporcional à quantidade da luz incidente. No processo de revelação e fixação, essa prata é convertida em prata metálica, sendo removidos durante a lavagem os halogenetos não sensibilizados.
2. **BASE:** a base é o material que suporta a emulsão e é formada de uma lâmina de papel poliéster, papel esse bastante forte, o que impossibilita dilatação ou contração com calor e frio.
3. **CAMADA ANTI-HALO OU ANTI-REFRAÇÃO:** a camada anti-halo apresenta a função de evitar reflexão da luz que incide sobre a emulsão, o que poderia provocar o aparecimento de imagem fantasmas na fotografia. A camada anti-halo apresenta-se com tonalidade negra.

A Figura 2.16 mostra um corte transversal de um filme, podendo-se observar as 3 camadas já especificadas.

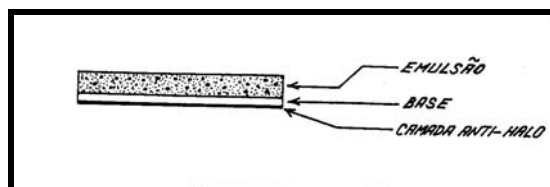


Figura 2.16. Corte transversal de um filme.

2.5.3. SENSIBILIDADE DA EMULSÃO DO FILME

A sensibilidade da emulsão está relacionada com o fator velocidade. Ela é, pois, a capacidade que tem o filme de captar a imagem de um objeto em maior ou menor espaço de tempo.

Essa velocidade ou sensibilidade está expressa nos filmes com as siglas ASA ou DIN, sendo que a correspondência de sensibilidade entre ASA e DIN será (Figura 2.17):

* ASA	6	12	25	50	100	200	400	800	1600	3200	6400	
* DIN	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	
	GRANDE PODER DE RESOLUÇÃO							ALTA SENSIBILIDADE				

Figura 2.17. Correspondência de sensibilidade entre ASA e DIN.

A referida sensibilidade dos filmes aumenta com o tamanho dos cristais de halogenetos de prata, significando que, quanto maior os cristais, mais sensível será o filme, o que torna possível, usando um filme de alta sensibilidade, coletar objetos em movimento.

O poder de resolução, por sua vez, é a capacidade que o filme apresenta de mostrar grande nitidez de imagem, sendo, porém que filme com grande poder de resolução torna-se menos sensível aos objetos em velocidade. Entretanto, pode-se fazer grandes ampliações nas fotografias.

Em fotogrametria, podem ser usados filmes de grande poder de resolução ou de alta sensibilidade, dependendo das alturas em que as aerofotos são coletadas.

Adapta-se na câmera o filme de grande poder de resolução, quando o avião estiver navegando a uma altura muito elevada, tal como 9 km ou 18 km.

Por sua vez, usa-se o filme de alta sensibilidade quando o avião estiver navegando à baixa altura, tal como 600 m ou 1.200 m (Figura 2.18).

Para os filmes que estejam a grande altura de vôo, o disparo do obturador da câmera será lento, e para os filmes que estejam à baixa altura de vôo, o disparo do obturador da câmera será rápido.

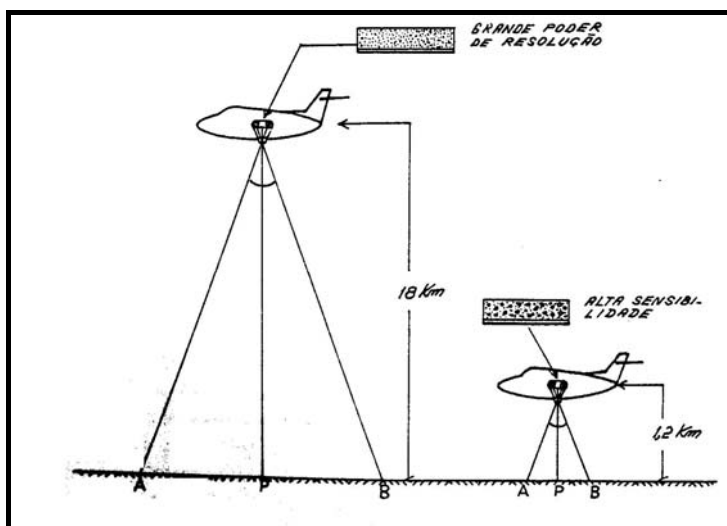


Figura 2.18. Filmes de grande poder de resolução ou de alta sensibilidade, dependendo das alturas do vôo.

2.5.4. CLASSIFICAÇÃO DOS FILMES AEROFOTOGAMÉTRICOS

Filmes aerofotogramétricos são também chamados de filmes cromatizados, ou seja, apresentam-se com uma distribuição harmoniosa de cores, absorvendo tonalidades que vão do violeta ao infravermelho próximo.

Em fotogrametria e fotointerpretação, tem-se dois tipos de filmes cromatizados:

- FILMES PANCROMÁTICOS
- FILMES INFRAVERMELHOS

2.5.4.1. FILMES PANCROMÁTICOS

Apresenta o seguinte significado:

- **PAN:** todas.
- **CROMÁTICO:** cores.

São filmes sensíveis a todas as tonalidades visíveis do espectro eletromagnético, avançando, no entanto, até ao infravermelho próximo.

É o tipo de filme mais empregado em fotointerpretação.

O filme pancromático pode ser preto e branco e colorido.

A diferença básica existente entre os dois é que o colorido apresenta-se com 3 emulsões (emulsão sensível do azul, verde, e vermelho), ao passo que o pancromático preto e branco apresenta-se apenas com, uma emulsão.

É o que se pode observar nos dois cortes transversais de filmes, abaixo desenhados (Figuras 2.19, 2.20 e 2.21).

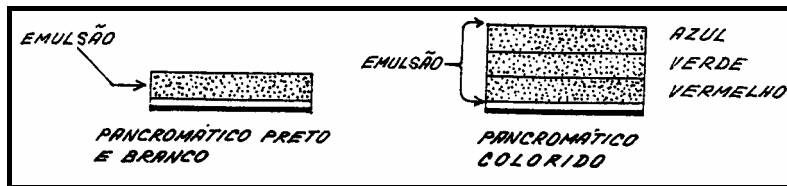


Figura 2.19. Cortes transversais de filmes pancromáticos preto branco e colorido.



Figura 2.20. Estrutura de um filme preto e branco

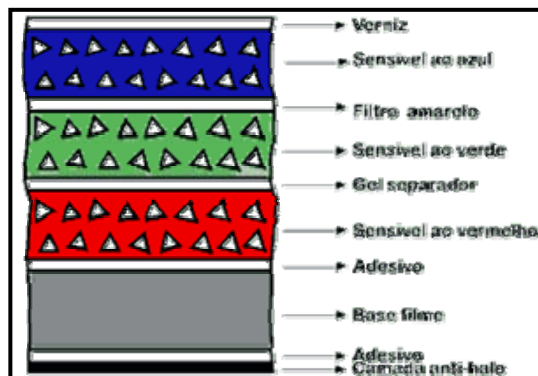


Figura 2.21. Estrutura de um filme colorido.

A Figura 2.22 mostra um rolo de filme aéreo.



Figura 2.22. Rolo de filme aéreo.

2.5.4.2. FILMES INFRAVERMELHOS

Os filmes infravermelhos são sensíveis à faixa do infravermelho fotográfico, faixa essa que encontra-se posicionada acima do visível, ultrapassando a tonalidade vermelha.

As cores de um arco-íris sensibilizam os filmes infravermelhos, assim como a área do infravermelho os sensibilizam.

Esses filmes infravermelhos estão também divididos em dois tipos, qual sejam:

- A. **INFRAVERMELHO PRETO E BRANCO:** é um filme em que os cristais de halogenetos de prata da emulsão apresentam-se com grande sensibilidade ao Azul e ao Infravermelho próximo. Neste filme existem duas camadas de emulsões, sendo uma sensível ao infravermelho e outra sensível ao preto e branco.
- B. **INFRAVERMELHO COLORIDO:** apresenta a emulsão em falsa cor, sendo a mesma conhecida como emulsão detectora de camuflagem. Esses filmes foram inicialmente usados para fins militares, isto porque os positivos dos mesmos possibilitavam a detecção de materiais bélicos camuflados, os quais mostravam-se com tonalidade azul. A vegetação, no positivo desse filme, mostra-se com tonalidade vermelha. A diferença dos filmes pancromáticos coloridos é que as três camadas componentes da emulsão fotográfica são sensíveis ao infravermelho, vermelho e verde.

A Figura 2.22 mostra cortes transversais de filmes infravermelho preto e branco e infravermelho colorido.

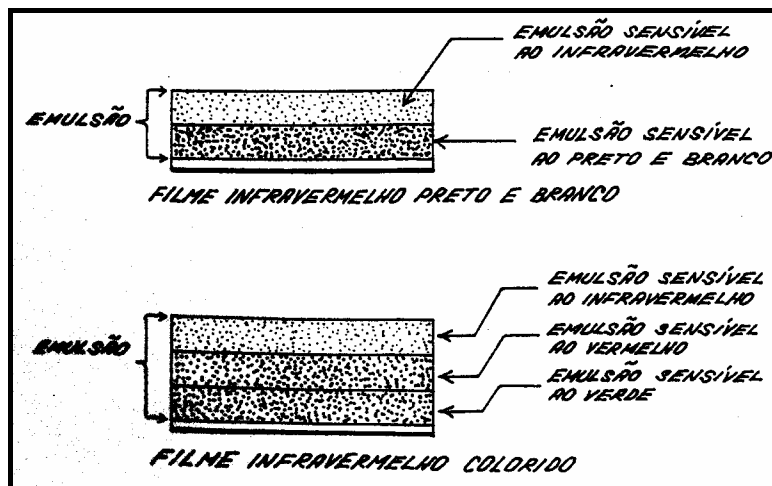


Figura 2.22. Cortes transversais de filmes infravermelho preto e branco e infravermelho colorido.

EXERCÍCIO PRÁTICO 5: PROJETO PARA A CONSTRUÇÃO DE UM ESTEREOSCÓPIO (STEREO-EO-EO-EO)

Traduzido do site
[www.yesmag.bc.ca/
projects/stereo.html](http://www.yesmag.bc.ca/projects/stereo.html)

Visando construir um estereoscópio denominado STEREO-EO-EO dever-se-á utilizar o texto abaixo como referência para este trabalho:

A) INTRODUÇÃO

Os geógrafos e engenheiros utilizam o estereoscópio para fotointerpretar as fotografias aéreas por meio de uma visão tridimensional da paisagem. Visando fazer a observação de fotografias aéreas sem a utilização de instrumentos convencionais, você pode construir seu próprio estereoscópio (Estéreo-Eo-Eo-Eo) (Figura 2.23) utilizando uma caixa de papelão e alguns pedaços de espelho.



Figura 2.23. Estéreo-Eo-Eo-Eo.

B. MATERIAIS

Para a construção do Estéreo-Eo-Eo-Eo você irá precisar dos seguintes materiais:

- Uma caixa de papelão grande (45 x 45 x 32 cm ou maior);
- 2 espelhos de 15 x 15 cm;
- 2 espelhos de 7,5 x 15 cm;
- Fita adesiva;
- Régua;
- Lápis;
- Vidro de cola;
- Grampeador de caixa;
- Estilete.

C. INSTRUÇÕES

C1. AQUISIÇÃO DA FOTOGRAFIAS

Primeiro, você precisará de alguns pares de fotografias aéreas. Após a construção de seu estereoscópio caseiro, quando você olhar pelo orifício de observação de seu estereoscópio, as duas fotografias combinarão para formar uma imagem tridimensional.

Se você não dispuser de fotografias aéreas com sobreposição longitudinal, você poderá obter suas fotografias de forma convencional por meio de uma câmara fotográfica doméstica, seguindo as seguintes instruções:

- Seu primeiro par de fotografias de estéreio poderia mostrar algumas árvores grandes em um parque. Olhando pelo visor da máquina fotográfica, preste atenção e tire a fotografia de apenas uma árvore ou outra característica paisagística importante;
- Agora, dê um "passo gigantesco" a sua direita. Por meio do visor da câmara fotográfica, ache e centre os mesmos detalhes anteriores (a árvore e seu final). Nota: A distância que você movimento aumenta o exagero da percepção de profundidade. Se você quiser fotografar uma montanha distante, dê cinco ou seis passos gigantescos entre as duas posições de máquina fotográfica;
- Após a obtenção e revelação das fotografias, marque a primeira fotografia com um pequeno "E" (para "esquerda") em seu canto. Marque a segunda impressão com um pequeno "D" (para "direito").

C2. CONSTRUÇÃO DO ESTEREOSCÓPIO

1. Corte a parte superior da caixa. Não jogue fora os pedaços de papelão que sobraram;
2. Corte o topo da caixa à uma altura de 16 cm da base inferior. Novamente, não jogue fora os pedaços de papelão que sobraram;
3. O fundo da caixa deve ser plano e liso. Se necessário, cole as pontas de papelão do fundo da caixa e preencha os espaços (buracos) com algum papelão extra;
4. Cuidadosamente, passe fita adesiva ao redor de cada espelho para cobrir as extremidades afiadas;
5. Faça um buraco retangular de 15 x 5 cm no centro de um dos lados da caixa;
6. Corte quatro quadrados de 15 x 15 cm de sobras de papelão;
7. Corte um dos quadrados pela metade, diagonalmente, para fazer dois triângulos;
8. Divida um outro quadrado ao meio através de um linha e posteriormente, utilize o estilete para cortar apenas a parte mais grossa do papelão. Isto lhe permitirá dobrar facilmente pela metade o papelão (Figura 2.24).

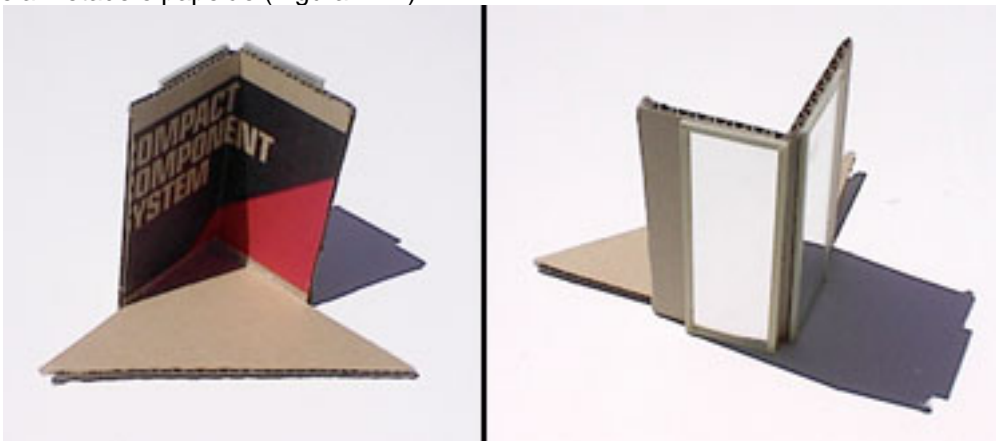


Figura 2.24. Esquema do espelhos centrais do estereoscópio.

9. Dobre o quadrado de papelão até formar um triângulo exato e então cole a extremidade externa do canto direito do ângulo ao pedaço de papelão triangular, formando então um pedestal para se pendurar os espelhos pequenos;
10. Coloque pedaços de fita adesiva na parte de trás dos espelhos pequenos fixando-os ao pedestal;
11. Trace linhas verticais de 13 cm nos cantos inferiores da caixa (parte em que se encontra o orifício de visualização) (Figura 2.25).

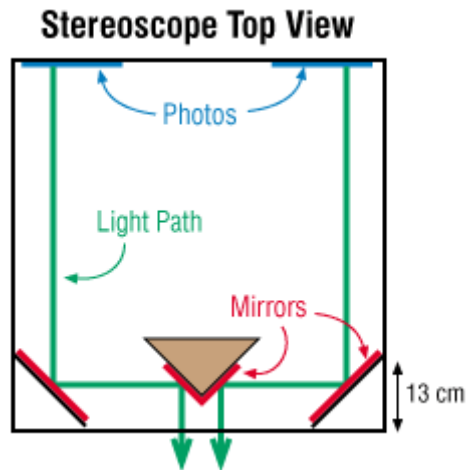


Figura 2.25. Esquema de posicionamento dos espelhos.

12. Cole uma das extremidades de 15 x 15 cm de papelão em um dos lados da linha vertical já marcada formando um ângulo de 45°.
13. Repita este último passo para o outro lado da caixa;
14. Coloque fitas adesivas na parte de trás dos espelhos grandes fixando-os aos pedaços de papelão do canto;
15. Coloque o pedestal em frente ao orifício de visualização à aproximadamente 5 cm do mesmo;

D. AJUSTAMENTO E USO

Para se fazer o ajustamento e uso, siga os seguintes passos:

1. Coloque fitas adesivas na parte de trás das fotografias fixando-as no fundo da caixa. Coloque a imagem esquerda no lado esquerdo e a imagem direita no lado direito;
2. Observe as imagens das fotografias pelo orifício de visualização até alcançar o tridimensionalismo;
3. Quando estiver tudo alinhado, cole a borda de papelão 15 x 15 cm no fundo da caixa;
4. Para se fazer um ajuste tridimensional melhor de duas fotografias, peça a ajuda a um colega para ir ajustando as fotografias enquanto você faz a visualização no orifício de visualização;
5. Algum ajuste adicional dos espelhos pode ser necessário para que você possa ver suas fotografias na forma tridimensional.

EXERCÍCIO PRÁTICO 6: NOÇÕES BÁSICA DE FOTOGRAMERIA E PLANEJAMENTO DE VÔO

Notas de Aula, Disciplina Aerofoto e Fotointerpretação,
Turma Geografia 1998 UNIFAP (2000) (JOHANSSON,
2000)

1.0. Conceitos e aplicações

A fotogrametria é a ciência ou a arte da obtenção de medições fidedignas por meio da fotografia.

Esta definição pode ser perfeitamente ampliada com a inclusão de interpretação de fotografias, como uma função de importância quase igual, vez que a capacidade de reconhecer e identificar uma imagem fotográfica é, com frequência, tão importante quanto a capacidade de deduzir a sua posição a partir de fotografias. É que a fotogrametria passa a atender, não apenas, ao cartógrafo, mas a uma extensa série de técnicos ou especialistas, no amplo campo da fotointerpretação, dentro do qual, o engenheiro, o urbanista, o geólogo, o geógrafo, o oceanógrafo, o meteorologista, o agrônomo, o militar, o economista, etc.

1.1. Noções básicas sobre fotogrametria

A fotografia aérea é o resultado de um grande número de especificações, normas e cuidados relativos:

- a) ao avião, ou ao vôo em si;
- b) à câmara aérea e à lente;
- c) ao filme;
- d) às condições atmosféricas.

Em suma, o avião procurará manter-se, durante o vôo fotográfico, na mesma altura relativa, seguir direção reta e uma velocidade uniforme. A câmara terá que estar orientada no sentido de que o eixo ótico permaneça vertical (no caso geral, da fotografia vertical) e que os disparos sejam uniformes; o filme deve possuir estabilidade dimensional; o tempo deve apresentar as melhores condições de vôo fotográfico, sobretudo no que toca a nuvens (Figura 1 e 2).

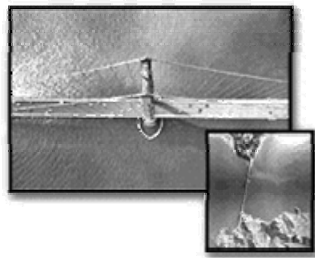


Figura 1. Detalhe de foto aérea em pb. Figura 2. Detalhe de foto aérea colorida.

1.2. Classificação das aerofotos

A fotografia aérea recebe uma classificação decorrente de alguns critérios como: a orientação do eixo da câmara (vertical e oblíqua), o sistema ótico (simples ou múltiplo), além de outras particularidades (em preto e branco, colorida, infravermelha, a radar, etc.)

A fotografia vertical, isto é, a que foi tirada com o eixo ótico na posição em que se deve aproximar o mais possível da verticalidade, é a fotografia normal. As outras são as oblíquas, que variam, entre si, conforme o grau de inclinação usado.

Quanto à ótica, ela pode ser simples, e é o sistema mais largamente utilizado na fotografia aérea. Há também o sistema múltiplo, que consiste de duas ou mais câmaras isoladas, montadas no sentido de serem obtidas imagens simultâneas em decorrência de ângulos entre os respectivos eixos óticos.

A fotografia colorida tem, atualmente, um desenvolvimento incomum, não apenas devido à precisão, aliada a uma qualidade mais fiel possível das cores da natureza, mas ao processo desenvolvido da "cor-falsa", que as cores apresentadas, na fotografia, são convencionais, a fim de se conseguir uma separação nítida de elementos, como a vegetação, a água, o solo etc. São de notável aplicação na fotointerpretação.

A imagem a radar resulta de uma combinação do processo fotográfico e de técnicas de radar. Impulsos elétricos são enviados a direções predeterminadas, e os raios refletidos ou devolvidos são utilizados para a apresentação de imagens em tubos de raios catódicos. Em seguida a fotografia é obtida da informação exposta nos tubos.

A fotografia, oriunda duma câmara moderna traz, ao ser revelada, várias informações posteriormente indispensáveis, as quais são registradas, automaticamente, pela própria câmara, no instante da exposição: data e hora da exposição, o código do projeto fotogramétrico, o número do rolo, o número da imagem, a escala aproximada e o órgão responsável pelo projeto. Além disso, verificam-se as quatro marcas que se determina, através de duas linhas que se podem traçar, entre cruzadas, o ponto principal da fotografia.

As dimensões de uma fotografia aérea variam, mas a que mais se usa é a que mede 23 cm X 23 cm.

Obs.: fotografias verdadeiramente verticais devem ser consideradas "acidentes felizes", motivados por inúmeros fatores que agem de modo que a verticalidade absoluta seja praticamente impossível, ainda que muitos progressos tenham sido conseguidos no desenvolvimento de montagens de estabilidade verticais.

2.0. Câmara aérea

As primeiras fotografias aéreas foram tiradas de balões, os quais traziam a câmara amarrada à nacela, ou dela suspensa. Na atualidade, a concepção duma câmara aérea se torna muito complexa, visando aperfeiçoamento no sentido de se conseguir o máximo, tecnicamente, economizando custos. Duma câmara aérea exigem-se inúmeras especificações visando às normas de precisão.

Câmara métrica: designação tanto da câmara aerofotográfica, quanto da câmara de restituição. No primeiro caso ela tem que apresentar as marcas fiduciais. O mesmo que câmara aérea (Figura 3).

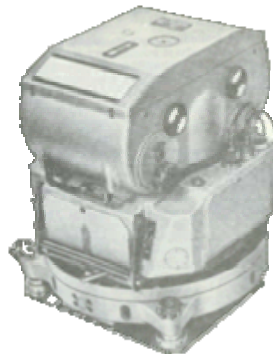


Figura 3. A câmara aérea RMK 21/18, cuja lente de 210 mm quase não tem distorção, e de extraordinária resolução das imagens

2.1. Vôo fotogramétrico

Um avião fotográfico só decola para a execução duma missão de cobertura fotográfica depois de um planejamento da operação, a qual, por sua vez, resulta dum estudo detalhado com todas as especificações sobre o tipo de cobertura a ser executado.

O tempo é fator importante. Conforme o país, ou a região, existem áreas em que as características atmosféricas são propícias ao vôo na maior parte dos meses do ano. Outras há, entretanto, que raramente favorecem a execução de um vôo, como é o caso da região da floresta amazônica ou da região cacauceira da Bahia, quase sempre cobertas por nuvens (Figura 4).



Figura 4. Avião e seus equipamentos.

A altura a ser voada varia com a escala da fotografia, com o intervalo de curvas a ser usado e com a distância focal da câmara. A posição do Sol é, igualmente, levada em consideração, uma vez que o excesso de sombra irá prejudicar detalhes importantes que vão ser restituídos. É inconveniente, também, o vôo com Sol a pino, porque não haverá suficiente contraste entre muitos objetos do terreno.

Fator de muita relevância é o avião para cobertura fotográfica. Tem que possuir a velocidade prevista para o projeto, o teto de vôo suficiente, uma boa estabilidade durante o vôo, assim como o raio de ação necessário, a fim de ser evitada uma interrupção inútil de uma missão, o que resultaria em perda de tempo e de dinheiro. Uma vez preenchidas todas as exigências, terá que ser adequadamente equipado, inclusive quanto ao conforto da tripulação e do operador fotogramétrico.

Devido à condição de que cada linha de vôo fotográfico tem que perseguir a mesma direção, isto é, todas as faixas de fotografias resultantes têm que ser paralelas entre si, a determinação da direção de um vôo é resultante:

- a) Do tipo de relevo da área a ser fotografada;
- b) D configuração dessa área;
- c) Da capacidade de produção por parte da tripulação;
- d) Da orientação dos estereomodelos em relação à topografia e à posição do Sol.

2.3. Cobertura fotográfica

Trata-se da representação do terreno por meio de fotografia aérea, as quais são expostas sucessivamente, ao longo de uma direção de vôo, formando uma faixa de vôo. Para se obter estereoscopia, as fotos são expostas em intervalos de tempo tais que, entre duas fotos sucessivas de uma faixa, haja uma superposição de cerca de 60%. Nas faixas expostas, paralelamente, para compor a cobertura de uma área é mantida uma distância entre os eixos de vôo que garanta uma superposição de cerca de 30% entre duas faixas adjacentes. Deste modo, as faixas podem ser “amarradas” pelos pontos de ligação determinados na área comum e devem formar um bloco. A direção das faixas de vôo e a superposição variam com a forma do terreno (Figura 5).

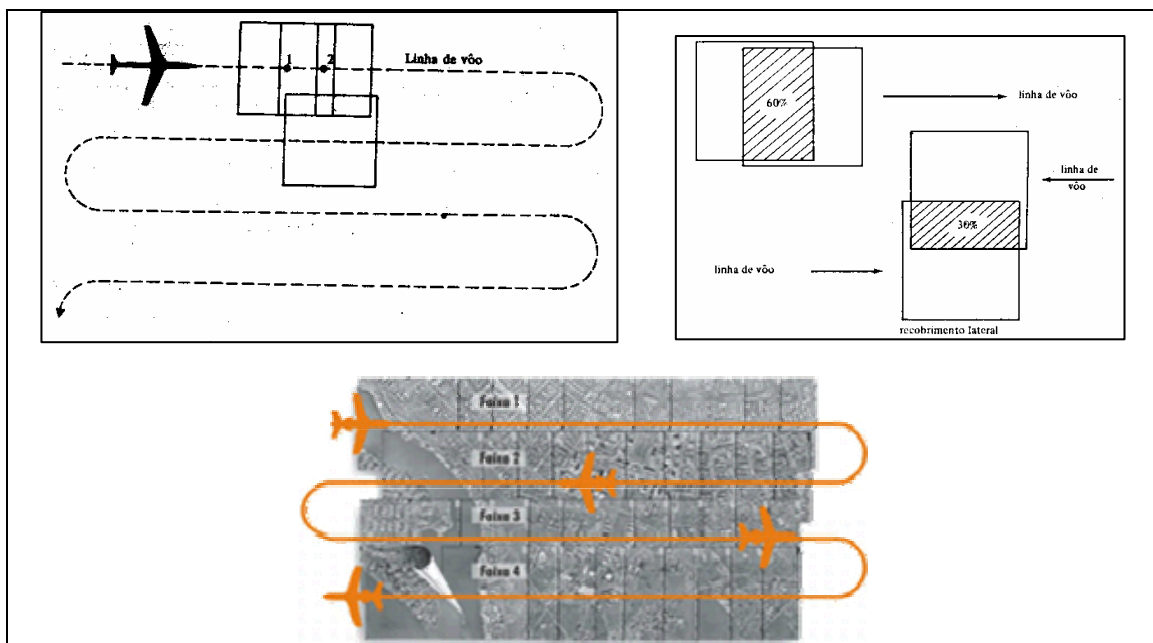


Figura 5. Linhas de vôo e as faixas de aerofotos.

O resultado duma missão fotográfica é constituído de imagens em negativo, a partir dos quais são geradas cópias em positivos. Isto constitui um processo importante, uma vez que estes positivos, para serem utilizados em fotogrametria, precisam estar de acordo com: a orientação dos sistema ótico da câmara, bem como as propriedades especiais do original, isto é, em preto e branco, em cores, em infravermelho, etc.

Uma etapa indispensável no processo que resulta duma cobertura fotográfica é a preparação dos fotoíndices, os quais constituem a reunião de fotografias aéreas individuais, nas suas posições relativas, fotografadas, em seguida, numa escala reduzida.

2.4. Irregularidades convencionais

Suponhamos que uma fotografia aérea tenha sido exposta com o eixo ótico verdadeiramente vertical. Nestas condições, somente o ponto central está livre de qualquer deslocamento. Fora daí, porém, e quanto mais longe deste ponto, maiores serão os deslocamentos. Como a fotografia aérea é uma projeção cônica, os detalhes do terreno representados numa fotografia, salvo o ponto central, estão fora das suas posições relativas.

Outro tipo de anormalidade que pode ocorrer, sobretudo em conexão com as condições meteorológicas, resulta de uma faixa que passa a não apresentar uma direção reta regular, formando, em consequência, uma curva, a qual poderá causar, entre uma faixa e outra, uma descontinuidade na superposição, o que é conhecido como “buraco”, tipo de anormalidade que, muitas vezes, obriga a um novo voo, a fim de sanar aquele defeito.

3.0. Origem da fotografia comum

A fotografia comum tem a sua origem em época muito remota. Em 350 A.C., Aristóteles descreveu a produção de imagens através da passagem da luz por um pequeno orifício. Entre outros franceses como Joseph Niepce, o francês Louis Daguerre, desenvolveu em 1839 um processo de fixação da imagem produzida pela luz (descoberta da fotografia) que foi reconhecido pela Academia Francesa de Ciências.

3.1. Fotografias no mapeamento

O primeiro registro de uso de imagens fotográficas para auxiliar o mapeamento foi em 1842 quando Francis Arago, diretor do Observatório de Paris, demonstrou a possibilidade de utilização de fotografias para auxiliar levantamentos topográficos.

3.2. Fotos aéreas com auxílio de balões

Em 1849, o Coronel Aimé Laussedat, um oficial do exército francês, utilizou um sistema fotográfico desenvolvido por Daguerre embarcado em um balão para obter fotos cuja finalidade era o mapeamento topográfico (Figura 6).

A partir daí, desenvolvimentos sucessivos aconteceram na área da fotografia aérea motivados principalmente pelo próprio desenvolvimento da fotografia convencional. Destacam-se nesta evolução, o uso de uma base de nitrocelulose para as imagens substituindo a base frágil e pesada de vidro desenvolvida em 1889 por George Eastman.

Acompanhando o desenvolvimento de equipamentos, técnicas e materiais no âmbito da fotografia aérea, vários equipamentos curiosos surgiram.

Entre eles, destaca-se uma câmara desenvolvida e patenteada por Julius Neubronner em 1903 cuja particularidade era de ser acoplada a um pombo, pois pesava apenas 70 g (Figura 7).



Figura 6. Primeiras fotos aéreas obtidas com balões.

Em contrapartida, nesta mesma época, o americano G.R. Lawrence desenvolvia uma câmara que pesava mais 450 kg com um negativo de 1,35 x 2,40 m que de tão pesada nunca pode ser aerotransportada (Figura 8).



Figura 7. câmara acoplada a um pombo.



Figura 8. Câmara antiga.

3.4. Fotografias aéreas

Os próximos registros de uso intenso de fotografias aéreas foi no período da I e II Guerras Mundiais explicado pela grande arma que a fotografia aérea para reconhecimento, detecção de posições inimigas e estratégia militar como um todo.

O primeiro registro de fotografia aérea obtida por um avião com uso em mapeamento foi do Capitão Tardivo, oficial britânico, que em 1913 apresentou um trabalho descrevendo o

processo em uma reunião da Sociedade Internacional de Fotogrametria em Viena, Áustria (Figura 9 e 10).

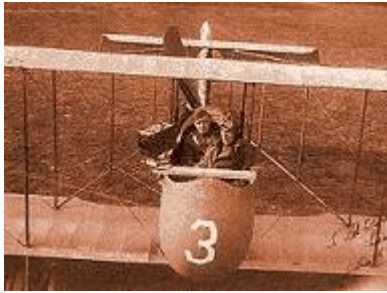


Figura 9. Aeronave preparada para obter aerofotos.



Figura 10. Cobertura antiga.

Durante a década de 30, várias empresas americanas e canadense de aerolevanteamento surgiram e alavancaram um desenvolvimento muito grande deste mercado nestes países.

Empresas como a Eastman-Kodak passaram a desenvolver produtos específicos para a obtenção de fotografias aéreas como filmes com resposta espectral para comprimento de onda infra-vermelho (1930) e filmes coloridos com múltiplas bases (Kodachrome, 1935).

A partir da década de 50, todos os progressos obtidos foram oriundos de evolução de técnicas e equipamentos da aerofotografia. Destaca-se o uso de plataformas orbitais como a inserida na espaçonave russa Sputnik I (1957) e na americana Mercury MA-4 que obteve centenas de fotos orbitais de 70 mm de lado (1961).

Atualmente, com o avanço das imagens digitais, discute-se muito o futuro uso de filmes aéreos. Apesar dos progressos desta área, alguns problemas relativos à aquisição de imagens digitais permanecem em estudo. Entre eles, estão os sensores digitais de tamanho limitado (CCD lineares ou em matriz), a velocidade de obtenção de imagem imposta pela tecnologia, os sistemas de armazenamento necessários para o processo e finalmente, a resolução final das imagens. Hoje em dia, 95% dos sistemas de obtenção de imagens aéreas ainda usam o sistema de filmes convencional.

4.0. Generalidades sobre fotografias aéreas

A concretização da fotografia aérea como elemento essencial para o mapeamento aconteceu com a criação da ciência chamada Aerofotogrametria e a sua maior evolução aconteceu no períodos das Guerras Mundiais com o seu uso constante para fins militares.

Com o final dos períodos de conflitos e com a descoberta de novos processos, equipamentos e materiais, a fotografia aérea tornou-se um produtos de valor inestimável para o planejador, pesquisador e empreendedor, além de ser a matéria prima para o trabalho do cartógrafo.

4.1. Câmara aérea

Em termos técnicos, considera-se uma fotografia aérea como aquela obtida por meio de câmara aérea rigorosamente calibrada (com distância focal, parâmetros de distorção de lentes e tamanho de quadro de negativo conhecidos), montada com o eixo ótico da câmara próximo da vertical em uma aeronave devidamente preparada e homologada para receber este sistema (Figura 11).



Figura 11. Câmara aérea

4.2. Cobertura aerofotogramétrica

Chama-se Cobertura Aerofotogramétrica ao conjunto de operações necessárias para obtenção destas fotos ou ao conjunto de fotos que superpõe e representam a área voada.

Em Aerofotogrametria ou para fins de Cobertura Aerofotogramétrica, as fotografias aéreas geralmente são obtidas de forma seqüencial e com superposição longitudinal e lateral de imagem permitindo que toda a região de interesse seja imageada (Figura 12).



Figura 12. Superposição longitudinal

4.3. Estereoscopia

Imagem estereoscópica é o resultado da superposição longitudinal entre duas aerofotos consecutivas. A superposição conhecida como Recobrimento Longitudinal é o percentual que uma determinada fotografia superpõe em relação a uma fotografia consecutiva em uma faixa de voo.

Para visualizar a imagem em 3D, aproxime-se do monitor. Faça com que os raios óticos de seus olhos focalizem cada uma das imagens separadamente (Imagem esquerda para o olho esquerdo e Imagem direita para o olho direito). Afaste-se lentamente sem perder o paralelismo dos eixos óticos e aguarde a acomodação da imagem. Após algumas tentativas, a visão tridimensional é obtida (Figura 13).



Figura 13. Par estereoscópico

4.4. Recobrimentos Longitudinal e Lateral

O Recobrimento Longitudinal de uma fotografia aérea geralmente é planejado para prover aproximadamente 60% de superposição entre fotografias. Isto permite a obtenção da estereoscopia (3D) quando as duas fotografias são usadas em um estereoscópio. A superposição entre faixas de vôo varia de 20% a 40% e é chamado de Recobrimento Lateral (Figura 14).

Para coberturas não-estereoscópicas, geralmente usadas em vôos de reconhecimento, o Recobrimento Longitudinal pode ser de apenas 20% garantindo apenas a cobertura fotográfica da área de interesse.

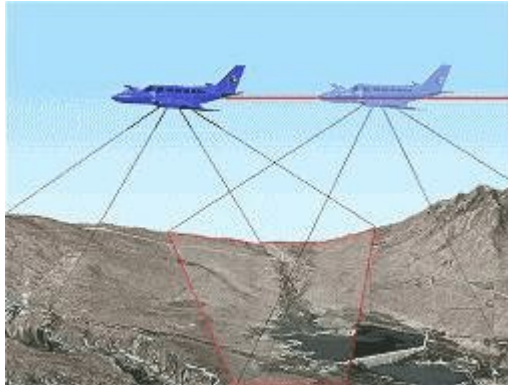


Figura 14. Esquema de tomadas de aerofotos consecutivas.

5.0. Propriedades dos filmes aéreos (Processos de aperfeiçoamento)

Alguns grandes fabricantes de filmes aéreos como a KODAK e AGFA fornecem uma grande variedade de informações sobre as propriedades de cada filme bem como recomendações e procedimentos em relação ao seu manuseio, transporte, armazenagem e principalmente, revelação. Estes processos estão se aperfeiçoando constantemente em vários sentidos, tais como rapidez, definição e permanência da imagem, tempo e facilidade de revelação.

5.1. Estrutura do filme aéreo

Os filmes aéreos usados para mapeamento estão normalmente disponíveis em rolos de 75 a 150 m de comprimento com largura 25 cm.

A estrutura do filme aéreo é composta de uma base de estável de poliéster intercalada entre uma (ou mais) camada(s) finas de uma emulsão foto-sensível e outra camada de apoio para proteção do poliéster. Esta base possui espessura variável (0,06 a 0,18 mm) de acordo com as necessidades de estabilidade e comprimento do filme (Figura 15).



Figura 15. Rolo de filme aéreo.

A base de poliéster satisfaz as exigências de filme aéreas para transparência óptica, estabilidade química, insensibilidade fotográfica e resistência à umidade e substâncias químicas. O poliéster tem resistência ao rasgo e possui excelente flexibilidade e estabilidade dimensional.

A emulsão fotográfica é uma gelatina que serve de suporte para grãos de brometo de prata. O brometo de prata é um elemento que reage à incidência de luz transformando-se em brometo e prata. Dependendo do tempo e intensidade da luz, esta transformação irá acontecer em maior ou menor intensidade criando as tonalidades em uma fotografia (Figura 16).



Figura 16. Estrutura de um filme preto e branco.

A estrutura dos filmes coloridos é mais complexa que a do filme P&B. Nos filmes coloridos existem três camadas de material sensível a determinados espectros eletromagnéticos. Cada uma delas possui seu próprio corante, formado ou acrescentado durante o processamento, além de diversas camadas transparentes de proteção, todas aplicadas sobre uma camada base (Figura 17).

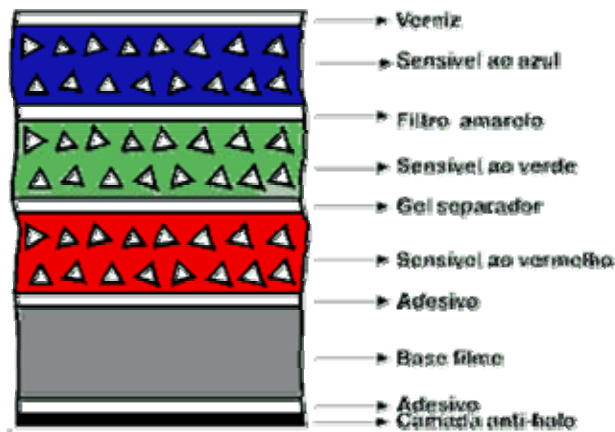


Figura 17. Estrutura de um filme colorido.

Para a fotografia aérea, a estabilidade dimensional diz respeito à manutenção original das dimensões do filme após variações em umidade e temperatura, e também após a própria revelação ou envelhecimento do filme. A estabilidade dimensional de filmes aéreos é de interesse particular para a precisão dos mapas oriundos destas imagens.

Para evitar deformações decorrentes do processo de revelação, manipulação ou armazenamento, a base de poliéster é isenta de solventes na sua fabricação. Além disso, as condições de transporte e armazenamento requerem temperatura e umidade controlada para evitar qualquer processo degenerativo na emulsão e nas propriedades físicas do filme.

5.2. Propriedades

A velocidade de filme aéreos (ISO A ou EAFS) não deveria ser confundido com velocidades de filme convencionais que são projetadas para aplicação em fotografia comum (Ex: 100 ASA ... 400 ASA). As características de tomada de imagens aéreas diferem notadamente da fotografia convencional por causa do alcance menor da luminosidade, condições atmosféricas (bruma, névoa) e outros fatores.

Assim, são usados parâmetros de velocidade de filme diferentes para relacionar características de cena com recomendações práticas de exposição.

A sensibilidade de espectro fornece uma curva de resposta de sensibilidade às diversas frequências do espectro de luz. A emulsão de um filme aéreo é sensível aos diversos comprimentos de onda. Para obter sensibilidade estendida em uma emulsão são utilizados corantes na mesma. Por isso, um filme dito pancromático é um filme com sensibilidade aos comprimentos de onda referente às cores vermelha, verde e azul, ou seja, ao espectro visível. Ver exemplo de gráfico de resposta espectral na Figura 18.

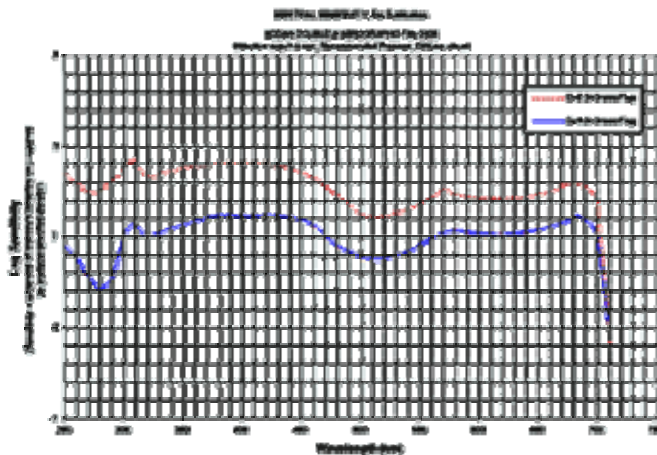


Figura 18. Gráfico de sensibilidade de espectro.

A resolução de um filme aéreo é geralmente expressa por sua granulação e pelo seu poder resolutivo. Granulação é a característica apresentada pelos grãos de prata de um filme após revelado e ampliado. Ela é determinada por meio de medidas microdensitométricas.

O poder resolutivo é a medida de capacidade de um filme registrar detalhes finos. Os padrões de teste de poder resolutivo para filmes P&B e colorido são determinados pela International Organization for Standardization (ISO). Estes padrões são seqüências de linhas muito próximas que são fotografadas. No filme revelado (com alto e baixo contrastes), a diferenciação de pares de linhas por mm é a unidade de medida do poder resolutivo. Os filmes aéreos P&B possuem valores de poder resolutivo variando de 50 a 100 pares de linhas/mm.

6.0. Tipos de filmes aéreos (Atributos necessários)

Os atributos necessários para escolha de um filme são basicamente impostos pela qualidade de imagem desejada e pela finalidade da Cobertura Aerofotogramétrica. Estes atributos incluem a velocidade do filme, contraste, sensibilidade de espectro e resolução (grãos de prata maiores ou menores).

Os filmes aéreos disponíveis no mercado possuem sensibilidade espectral variando desde ultra-violeta até infra-vermelho. Dentro desta variação de espectro se encontram os filmes Preto&Branco, Colorido e Infra-vermelho.

6.1. Preto & branco

O filme aéreo Preto & Branco (P&B) é mais usado nas fotografias aéreas pelo seu custo relativamente baixo e pela sua resposta espectral ser bem próxima do espectro visível pelo olho humano.

Desta maneira, o usuário da fotografia aérea distingue pequenas variações de tons de cinza. Isto permite a interpretação fácil de elementos naturais ou feitos pelo homem. Sua principal desvantagem é que mesmo com o uso de filtros apropriados (filtro amarelo ou menos azul), continua sensível à bruma atmosférica o que reduz o contraste da imagem (Figura 19a e 19b).

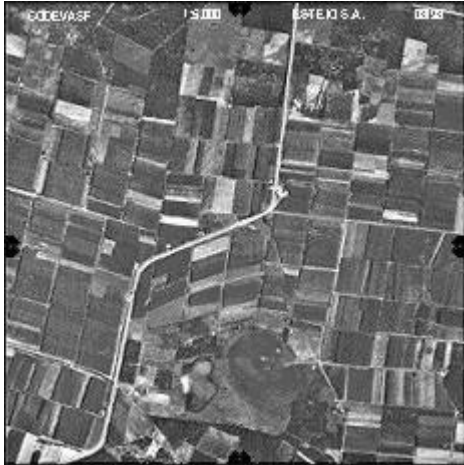


Figura 19a. Foto p&b.



Figura 19b. Foto p&b (detalhe).

6.2. Colorido

Os filmes coloridos ou de cores naturais são filmes que apresentam uma riqueza muito grande de detalhes devido à apresentação de elementos em sua cor real. Isto facilita a interpretação de objetos e cenas uma vez que muitos elementos do mundo real são mais facilmente identificados quando agrupam o atributo cor.

Um exemplo disto são as massas de água (lagos, lagoas) que apesar de serem bem caracterizados pela sua forma, possuem uma resposta espectral variando do branco até o preto nos filmes pancromáticos (P&B) enquanto que nos filmes coloridos a sua identificação é muito facilitada pela sua resposta espectral na imagem. De maneira muito semelhante, podemos exemplificar o caso de piscinas em ambientes urbanos (Figuras 20a e 20b).



Figura 20a. Foto colorida



Figura 20a. Foto colorida (detalhe)

Em contra-partida, os filmes coloridos possuem muito mais sensibilidade aos fenômenos atmosféricos como bruma, névoa, poluição do que o filme P&B. Até mesmo a variação de temperatura do instante da tomada da foto e o ângulo de inclinação do sol têm efeito sobre a resposta obtida na imagem.

6.3. Infra-vermelho

Os filmes infra-vermelho coloridos possuem três camadas de emulsão com sensibilidade aos seguintes comprimentos de onda : verde (500 nm até 575 nm), vermelho (575 nm até 675 nm) e próximo do infra-vermelho (675 nm até 900 nm). Como estas camadas tem sensibilidade

para a luz azul, o filme infra-vermelho requer o uso de filtro amarelo. Após revelado, a camada sensível ao verde é representada como azul, a sensível ao vermelho como verde e a próxima do infra-vermelho como vermelho (Figura 21a e 21b).

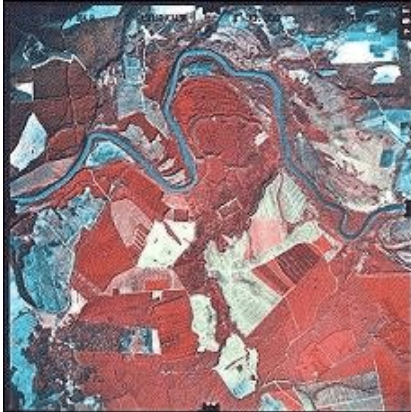


Figura 21a. Foto infra-vermelha.



Figura 21a. Foto infra-vermelha (detalhe).

As principais vantagens do filme infravermelho, são melhor penetração na névoa atmosférica do que no filme colorido normal, melhor realce das imagens de alguns objetos na fotografia, principalmente com a delimitação entre corpos de água e vegetação, diferenciação entre folhosas e coníferas, distinção entre vegetação sadia e estressada.

No caso da vegetação, a reflectância do comprimento de onda infra-vermelha de vegetação saudável é muito maior que a reflectância do verde e vermelho da mesma vegetação. Assim, um filme infra-vermelho colorido oferece uma variedade muito grande de tons de vermelho. Com isso, variações no estado fitossanitário da vegetação (doenças, pragas) podem ser detectados com uso deste filme.

Como desvantagens pode-se dizer que é muito sensível às variações de temperatura e umidade do objeto imageado bem como de seu próprio material, portanto requerendo armazenamento em baixa temperatura e revelação imediata após a exposição para evitar a degradação química de suas diversas camadas. Ele não permite grandes variações no tempo de exposição com o risco de produzir resultados não satisfatórios.

Outros fatores preponderantes para um bom resultado no uso de filme infra-vermelho são horário de vôo (janelas pequenas de vôo entre 11 h e 13 h), inclinação e posição do sol, altitude de vôo e ângulo de abertura da câmara (função da distância focal)

7.0. Geometria das fotografias aéreas

7.1. Escala

A escala é a característica mais importante e informativa de uma fotografia aérea. Conhecendo a escala de uma fotografia aérea é possível conhecer outras informações de relevância como a área coberta por uma imagem.

Calcular a escala de uma fotografia aérea (E) é muito simples desde que sejam conhecidos a altura de vôo (H) no instante da tomada da foto e a distância focal da câmara (f) utilizada para obter a foto.

Assim, a relação matemática f/H nos dará a escala da fotografia aérea (Figura 22).

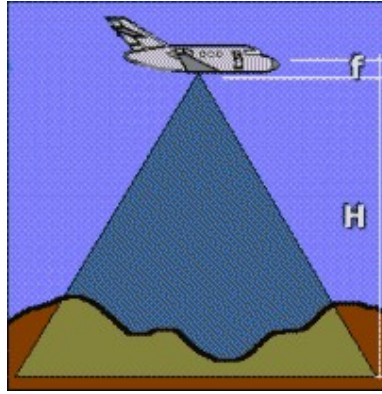


Figura 22. Parâmetros utilizados para o cálculo da escala.

Por exemplo, para uma fotografia aérea obtida com uma câmera com $f=153$ mm e uma altura de vôo $H=1.224$ m, a escala da foto será :

$$E = \frac{f}{H} \therefore E = \frac{0,153}{1.224} = 0,000125 \text{ ou } 1/8.000$$

Outra maneira de obter a escala de uma fotografia aérea é a comparação de distância entre pontos escolhidos na foto e identificados em um mapa de escala conhecida.

Na realidade, a altura de vôo (H) não é uma constante. Ela varia em todos os pontos da área imageada devido à própria ondulação do terreno. Assim, normalmente adota-se uma altura de vôo média que corresponde à média aritmética da menor e maior alturas de vôo possíveis na área a ser fotografada. Com isso, temos uma variação de escalas para os pontos mais baixos e mais altos do terreno. Esta variação de escala admissível é da ordem de 5 a 10%.

7.2. Área coberta por uma fotografia aérea

Conhecendo a escala e as dimensões de uma fotografia aérea é possível avaliar a área coberta por esta imagem. A fotografia aérea tem uma dimensão útil de 23 cm (l), apresentando as seguintes características (Figura 23):

- 1) Área de cobertura única;
- 2) Área de recobrimento longitudinal (RLo);
- 3) Área de recobrimento lateral (RLa);
- 4) Lado da foto (L).

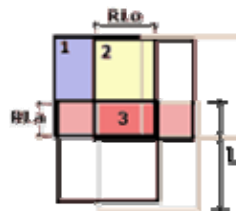


Figura 23. Características da fotografia aérea.

Usando a escala calculada no exemplo anterior ($1/8.000$), o lado da foto no terreno (L) terá a seguinte dimensão:

$$L = l \times E = 0,23 \times 8.000 = 1.840m$$

Assim, a área coberta pela imagem da fotografia aérea seria :

$$Area_{foto} = L^2 = 1,84 \times 1,84 = 3,4 km^2$$

7.3. Número de fotografias necessárias para a cobertura de uma área de interesse

Para atender aos requisitos de estereoscopia e outros, uma cobertura aérea deve prever a Superposição Longitudinal entre fotos consecutivas que geralmente é da ordem de 60%. De maneira semelhante, entre faixas de fotos existe uma Superposição Lateral que é da ordem de 30%.

Assim, a área de cobertura única (sem superposição) de uma fotografia aérea corresponderia ao produto da dimensão representativa de 40% do lado da foto no sentido longitudinal e 70% do lado da foto em no sentido lateral.

Para o nosso exemplo, cujo lado da foto no terreno é 1,84 km e a área total de uma foto é de 3,4 km², a área de cobertura única seria:

$$Area_{única} = 28\% \times Area_{foto} = 0,28 \times 3,4 = 0,95 km^2$$

Portanto, para avaliarmos a quantidade aproximada de fotos necessárias para cobrir uma área de 100 km² por exemplo, basta dividir o valor da área de interesse pelo valor da área de cobertura única da foto:

$$N_{fotos} = \frac{Area}{Area_{única}} = \frac{100}{0,95} = 105 \text{ fotos } \pm 15\% \text{ de segurança}$$

Veja a tabela abaixo para algumas escalas e para distância focal 153 mm:

7.4. Tabela de recobrimentos e áreas de aerofotos 23 cm X 23 cm

Recobrimento Longitudinal	60%	Área p/ Cobertura	100 km ²
Recobrimento Lateral	30%	Fotos de Segurança	15%
Distância focal	153 mm	Perc Útil do Modelo	28%

ESCALA FOTO 1 /	ALTURA VÔO (m)	LADO FOTO (m)	REC. LONGITUDINAL (m)	REC. LATERAL (m)	ÁREA FOTO (km ²)	ÁREA COBERTURA ÚNICA (km ²)	NÚMERO FOTOS
4.000	612	920	552	276	0,85	0,24	485
8.000	1224	1840	1104	552	3,39	0,95	121
10.000	1530	2300	1380	690	5,29	1,48	78
15.000	2295	3450	2070	1035	11,90	3,33	35
20.000	3060	4600	2760	1380	21,16	5,92	19
25.000	3825	5750	3450	1725	33,06	9,26	12
30.000	4590	6900	4140	2070	47,61	13,33	9
33.000	5049	7590	4554	2277	57,61	16,13	7

8.0. Estereoscopia

8.1. Princípios fundamentais

Estereoscopia é o nome dado ao seguinte fenômeno natural: Uma pessoa observa simultaneamente duas fotos de um objeto, tomadas de dois pontos de vista diferentes (distintos). Vendo cada foto com um olho, verá o objeto em três dimensões. Para que isto se viabilize, devem ser cumpridos os seguintes requisitos:

- 1) No instante da observação os eixos óticos devem estar aproximadamente no mesmo plano.
- 2) A razão B/H deve ser tal que $0,02 < B/H' < 2$, onde B é a aerobase e, H' , a altura da aeronave, que obteve as fotos.

É oportuno distinguir estereoscopia de visão estereoscópica.

Visão *estereoscópica* significa visão tridimensional e *estereoscopia* é um dos processos de obtenção desta visão tridimensional.

8.2. O olho humano

O olho humano é a principal condição ou a principal ferramenta para a estereoscopia, pois sem ele não é possível termos noção da terceira dimensão.

Para obtenção da visão estereoscópica, através de fotos, é necessário que tenhamos dois olhos e com a mesma capacidade de visão.

A visão monocular permite examinar a posição e direção dos objetos, dentro do campo da visão humana, num único plano. Permite reconhecer nos objetos, a forma, as cores e o tamanho.

O olho humano é o órgão mais importante, na comunicação com o ambiente em nossa volta. Através dele, conseguimos registrar e levar ao cérebro as imagens dos objetos, com todas as suas características.

8.3. Noção de profundidade

A sensação de profundidade baseia-se em dois fenômenos: a experiência e a estereoscopia.

Experiência: aqui aparecem os exemplos de desenho perspectivo como:

- 1) Uma fila de postes. Notamos que a sua altura diminui com o afastamento dos postes.
- 2) Olhando uma estrada, as suas margens parecem convergir para um ponto.
- 3) As montanhas distantes apresentam uma cor azulada, enquanto que as próximas apresentam cor verde.

8.4. Visão estereoscópica direta e indireta

Existe *visão estereoscópica direta*, quando o olho recebe os raios luminosos refletidos diretamente pelo objeto, ao invés de observar fotografias (diapositivos), processo este chamado de *visão estereoscópica indireta*.

A estereoscopia depende muito da acomodação do olho, que nada mais é do que adaptar a distância focal do olho à distância em que está o objeto, que estamos observando. Assim, podemos ver a diferença do olho com a câmara fotográfica, pois esta tem distância focal fixa, exceto pequenos ajustes de calibração.

8.5. Processos para visão estereoscópica indireta

- a) Anaglifo:** Este processo estabelece a separação das duas imagens distintas a serem percebidas, usando projeções ou impressão nas cores complementares vermelho e azul e usando óculos com filtros nestas cores. Se a foto da esquerda é projetada ou impressa em vermelho e a direita em azul, o filtro do olho esquerdo é azul e o do direito é vermelho, de tal forma que o olho esquerdo só perceba a foto da esquerda e o direito, a foto da direita. Apesar da projeção colorida, a imagem tridimensional é percebida em preto e branco.
- b) Cintilamento:** Sabemos que as imagens formadas na retina do olho humano persistem por cerca de 0,1 segundo, após a ocultação do objeto. Este processo explora este fato, para estabelecer a separação dos campos visuais dos dois olhos do seguinte modo:
- Projeta, alternadamente, as imagens da foto da esquerda e da direita, durante cerca de 1/60 de segundo.
 - Sincronizadamente, veda o campo visual do olho direito, enquanto a imagem da foto da esquerda é projetada.
 - Veda o campo visual do olho esquerdo, enquanto a imagem da foto da direita é projetada. Como a frequência de projeções sucessivas é alta, os olhos vêm, continuamente, as imagens correspondentes e, assim, se obtém a visão tridimensional.
- c) Polarização:** Usando filtros polarizadores, faz-se, com que as imagens de um par estereoscópico projetadas sejam polarizadas em planos ortogonais. O observador utiliza filtros polaróides ortogonais correspondentes aos planos de projeção. Assim, verá com um olho apenas a imagem projetada por um dos projetores. Da fusão, no cérebro, das duas imagens, resultará a visão tridimensional.
- d) Método do estereoscópio:** Podemos obter a visão tridimensional por estereoscopia, utilizando o instrumento denominado estereoscópio. O estereoscópio elimina a dificuldade criada pelo nosso condicionamento. Essencialmente, ele é constituído de um par de lentes convexas montadas sobre um suporte. A distância focal destas lentes é um pouco maior que as pernas do suporte, de modo que, quando colocamos o par fotográfico sob o instrumento, os raios luminosos emanados da foto, situadas quase no plano focal das lentes, saem, aproximadamente, paralelos. O cristalino acomodado, para observar a imagem, formada no infinito, obtém a visão tridimensional. Existem estereoscópios de espelhos e estereoscópios de bolso. O estereoscópio de espelhos nos dá condições de analisar uma região maior da fotografia. Isto é importante, na implantação de grandes projetos. Exemplo: na implantação de uma rodovia ou ferrovia, precisamos ter várias opções para depois escolher a melhor. Para tanto, é necessário ver, de uma vez, todas as opções ou, pelo menos, algumas delas. Com o estereoscópio de espelhos é possível usar alguns acessórios como: a barra de paralaxe e o amplificador de detalhes, o qual concentra o campo visual a uma micro-região da foto. O estereoscópio de bolso amplia mais o relevo do que o de espelho. Além disso, ele tem a vantagem de transporte, pois é pequeno e não exige lugar mais sofisticado para o seu uso. É possível, levá-lo em trabalhos de campo e obtermos medidas estereoscópicas no campo.

8.6. Fatores que afetam a estereoscopia

- Orientação do estereomodelo;
- Capacidade de visão do fotointérprete ou fotogrametrista;
- Iluminação do ambiente;
- Diferença notável de escala no estereomodelo;
- Tonalidade fotográfica uniforme;
- Mudanças de posições de objetos no intervalo de tempo decorrido, entre duas tomadas de fotografias.

9.0. Fotointerpretação

Fotointerpretação é a arte de examinar as imagens dos objetos nas fotografias e de deduzir a sua significação.

9.1. A chave da fotointerpretação

A chave da fotointerpretação é o uso de um guia, o qual ajuda os fotointérpretes a identificar rapidamente as características fotográficas. Essas chaves são baseadas em descrições e ilustrações típicas de objetos de uma determinada categoria; por exemplo: indústrias. São organizadas para um estudo comparativo; o intérprete seleciona os diferentes exemplos que mais coincidem com a característica que precisa ser identificada. O procedimento é lento e deve ser feito cuidadosamente, seguindo passo a passo a seqüência correta de trabalho, partindo do geral para o específico.

A determinação do tipo de chave e o método de apreciação a ser usado dependem:

- a) Do número de objetos, as condições para o reconhecimento;
- b) Da variabilidade normalmente encontrada dentro de cada classificação.

De uma maneira geral as chaves são mais facilmente construídas quando as características da superfície terrestre foram idealizadas pelo homem (exemplo: casas residenciais, edifícios, estradas, pontes, etc.). São de difíceis confecção quando se deve estudar as características para vegetação natural e as formas da Terra. Para a interpretação das características naturais, é essencial treinamento e trabalho de campo, para a obtenção da experiência necessária, podendo assim o profissional produzir trabalhos consistentes.

9.2. Fotointerpretação básica

A habilidade em fotointerpretar é desenvolvida pelo estudo e dedução, para aumentar hábitos de observação de objetos familiares, da terra ou de pontos elevados. Muitos de nós tiveram a oportunidade de observar a Terra através do vôo de um avião. Nessa oportunidade todos procuram reconhecer os objetos da superfície terrestre.

Vejam as diferenças entre a leitura numa simples fotografia aérea e a fotointerpretação estereoscópica da mesma. A leitura fotográfica é um assunto para determinações gerais, tais como escala, orientação geográfica, estação do ano, identificação das linhas correspondentes ao perímetro, estradas de rodagem, estradas de ferro, importantes cursos d'água e classificação das principais formas topográficas. A fotointerpretação é um assunto que diz respeito à fotoanálise de curso d'água, de áreas cultivadas, da cobertura vegetal, de florestas para obtenção de madeira de lei, de formações geológicas, dos solos, de construções e trabalhos gerais feitos pelo homem. Na interpretação geológica e na de solos, precisamos rebuscar e gravar todas as informações a respeito do tipo de solo, dos lençóis de água, da erosão, das falhas geológicas, etc..

Para se obterem melhores resultados na leitura das fotografias aéreas, elas devem ser anotadas de tal maneira que as sombras fiquem voltadas para a direção do observador; como se tivessem uma luz iluminando a fotografia do lado esquerdo, acima do observador. Assim todos os objetos que tiverem projetados suas sombras na fotografia são elevações e os que não tiverem sombras são depressões. No caso de uma montanha de forma arredondada, a tonalidade na fotografia sofrerá uma mudança gradual, mas um prédio terá uma sombra com tonalidade igual, representando perfeitamente a forma do mesmo. As fotografias que representam uma superfície ondulada ou montanhosa são caracterizadas pela grande quantidade de sombras.

A fotointerpretação é facilitada em áreas cultivadas devido às formas das características que nelas prevalecem. Culturas, pomares, pastos, etc., são geralmente limitados por áreas ou rios, o que facilita a interpretação. Essas áreas são também caracterizadas pelas estradas, trilha de

gado, represas para irrigação e drenagem e pelo conjunto de construções típicas de áreas rurais. Nas áreas cultivadas as sombras aparecem com diversas tonalidades de cinza, predominando as tonalidades claras. Assim toda vegetação baixa, como a grama, bem como o milho no início de seu desenvolvimento aparece com tonalidade cinza claro e textura fina. O milho quando totalmente desenvolvido aparece na fotografia com tonalidade escura e textura grosseira.

Áreas com pastagem, áreas gramadas e campos aparecem com tonalidade clara e textura suave. Florestas densas aparecem com tonalidade escura enquanto que uma floresta em início de desenvolvimento aparece com tonalidade clara. O aparecimento de diferentes formas indica a presença de uma floresta mista.

Rios, ribeirões e riachos são identificados pela sinuosidade, uniformidade de tom e pelas características topográficas.

Lagos, reservatórios, tanques e pântanos são identificados pela sua uniformidade e tonalidade escura das águas, exceto nos pontos onde há reflexão do sol.

Os pântanos têm como principal característica um excesso de umidade, e a tonalidade da terra é bem escura.

As estradas de ferro aparecem como linhas finas, retas, mudando de direção através de curvas suaves. As estradas de rodagem são facilmente distinguidas nas fotografias aéreas. O que é difícil de se identificar é o tipo de pavimentação. Essa identificação só é possível em fotografias de escala grande. Estradas sinuosas indicam que a região é montanhosa.

Linhas de transmissão são identificadas pelas características de que, ao atravessar certas regiões, é observada uma área limpa, sem árvores, mostrando a passagem da linha de transmissão.

Cemitérios são identificados pela aparência esquemática das árvores, arbustos e caminhos. A identificação de escolas depende principalmente da forma geométrica da mesma e das características que se encontram nas vizinhanças. As igrejas são identificadas principalmente devido a sua estrutura de construção, seu tamanho, formato e pela torre com cruz no topo.

10.0. Referências bibliográficas

- Oliveira, Cêurio de, *Dicionário Cartográfico*, 4a. ed., Rio de Janeiro, IBGE, 1993;
Oliveira, Cêurio de, *Curso de Cartografia Moderna*, 2a. ed., Rio de Janeiro, IBGE, 1993;
Delmar, A.B. Marchetti e Gilberto, J. Garcia, *Princípios de Fotogrametria e Fotointerpretação*, Editora Nobel.
Loch, Carlos e Lapolli, Édis Mafra, *Elementos Básicos da Fotogrametria e sua Utilização Prática*, Editora da UFSC.
Manual of Photographic Interpretation - American Society for Photogrammetry and Remote Sensing - Second Edition – 1997
Esteio Engenharia e Aerolevantamentos S.A., Curitiba, PR, 2000.

2.5.4.3. REVELAÇÃO DO NEGATIVO AEROFOTOGRAFAMÉTRICO

Entende-se por revelação do negativo a formação de imagens no mesmo.

O filme pancromático não é sensível à luz verde e, devido a isso, pode-se fazer a revelação do mesmo em presença de respectiva luz.

A revelação de filmes pancromáticos é feita em tanques dotados de líquido revelador, por um espaço de 5 a 10 minutos.

Após a retirada do líquido revelador, o filme passará a outro líquido, o líquido fixador, por um tempo de duração de 10 minutos.

Lava-se em seguida o filme com água corrente, em prazo de 1/2 a 1 hora. Em seguida, deixa-se o filme secar.

PREPARO DOS POSITIVOS AEROFOTOGRAMÉTRICOS

Os positivos são as aerofotos traspassadas do filme (negativo) para o papel sensível (positivo).

Em fotogrametria, as aerofotos são preparadas mediante a utilização de um copiadora de contacto.

A copiadora de contacto é um aparelho que possibilita transferir do negativo para o positivo os mesmos moldes de tamanho 23 x 23 cm, tudo o que foi aerofotografado (Figura 2.23).

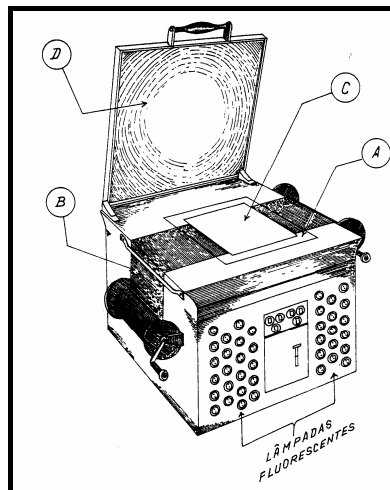


Figura 2.23. Copiadora de contacto ZEISS.

2.6. CLASSIFICAÇÃO DAS CÂMERAS AEROFOTOGRAMÉTRICAS

As câmeras aerofotogramétricas estão classificadas em função de seus ângulos de abertura e distâncias focais.

Os modelos existentes são:

- A. CÂMERA NORMAL
- B. CÂMERA GRANDE ANGULAR
- C. CÂMERA SUPER GRANDE ANGULAR

2.6.1. CLASSIFICAÇÃO EM FUNÇÃO DOS ÂNGULOS DE ABERTURA

Em função do ângulo de abertura da lente, também designado de campo angular da lente, as câmeras tomam a seguinte classificação:

- **NORMAL**: se o ângulo de abertura é inferior a 75°.
- **GRANDE ANGULAR**: se o ângulo de abertura encontra-se acima de 75°, chegando até 100°. Normalmente, o valor mais freqüente nos trabalhos é de 90°.
- **SUPER GRANDE ANGULAR**: em que o ângulo de abertura está acima de 100°, variando até um valor de 120°.

A Figura 2.24 demonstra ângulos de abertura dos três tipos de câmeras, levando-se em consideração que a linha de vôo em que o avião encontra-se está posicionada em uma só altura.

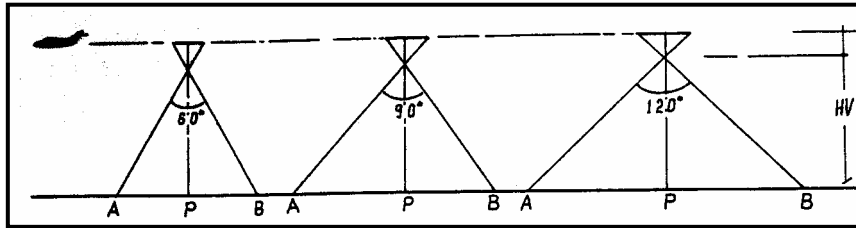


Figura 2.24. Ângulos de abertura dos três tipos de câmeras.

Examinando a Figura 2.24, verifica-se que a medida em que a abertura angular da câmera aumenta de valor, a **ÁREA** de campo abrangida pela mesma torna-se maior. É evidente que, levando-se em consideração de que se está navegando a uma altura de vôo para com os três tipos de câmeras, as **ESCALAS** das três aerofotos coletadas tornam-se diferentes para cada uma delas. Numericamente a maior escala será a da câmera super grande angular, e a menor escala está conjugada à câmera normal.

2.6.2. CLASSIFICAÇÃO EM FUNÇÃO DAS DISTÂNCIAS FOCAIS

Considera-se como distância focal de uma câmera aerofotogramétrica, o afastamento que vai do ponto nodal do cone porta objetiva da câmera ao plano do negativo (filme). É o que se pode observar na Figura 2.25.

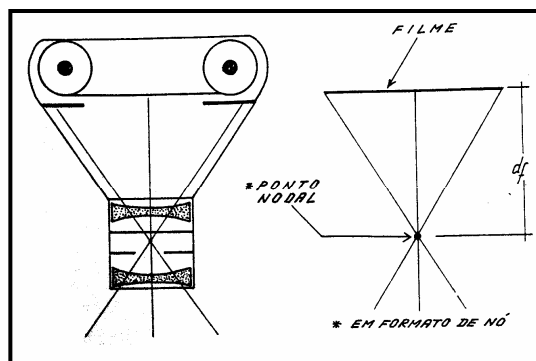


Figura 2.25. Distância focal de uma câmera aerofotogramétrica.

Em função da DISTÂNCIA FOCAL, as câmeras são classificadas em:

- **NORMAL**: em que a câmera é dotada de uma distância focal de 300 milímetros.
- **GRANDE ANGULAR**: em que a distância focal é de 150 milímetros.
- **SUPER GRANDE ANGULAR**: em que a distância focal é de 100 milímetros.

Se o avião estiver navegando a uma mesma altura, com câmera dotada de três cones porta objetiva diferentes as áreas aerofotografadas tornar-se-ão também diferentes.

Em fotogrametria existe uma relação inversa entre área de campo aerofotografada e distância focal da câmera, que diz:

QUANTO MAIOR FOR A ÁREA DE CAMPO AEROFOTOGRAFADA, MENOR SERÁ A DISTÂNCIA FOCAL DA CÂMERA E VICE-VERSA, OU QUANTO MENOR FOR A ÁREA DE CAMPO AEROFOTOGRAFADA, MAIOR SERÁ A DISTÂNCIA FOCAL DA CÂMERA

É o que se pode observar na Figura 2.26.

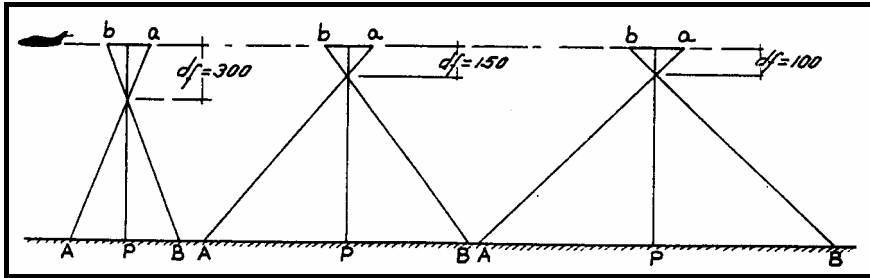


Figura 2.26. Relação entre a distância focal e a área de campo aerofotografada.

2.6.3. RELAÇÃO ENTRE DISTÂNCIA FOCAL E ALTURA DE VÔO PARA UMA MESMA ÁREA DE CAMPO

Caso se queira aerofotografar uma mesma área de terra, com os três tipos de câmera, ter-se-á que trabalhar com o avião em três alturas de vôo diferentes.

Quanto maior for a altura de vôo, maior deverá ser o valor da distância focal da câmera, e quanto menor for altura do vôo, menor deverá ser o valor da distância focal da câmera.

A Figura 2.27 mostra três alturas de vôo diferentes, bem como três diferentes distâncias focais de câmeras.

Se for-se calcular a área e a escala das aerofotos, coletadas nessas 3 alturas de vôo, ver-se-á que as mesmas tornam-se numericamente idênticas.

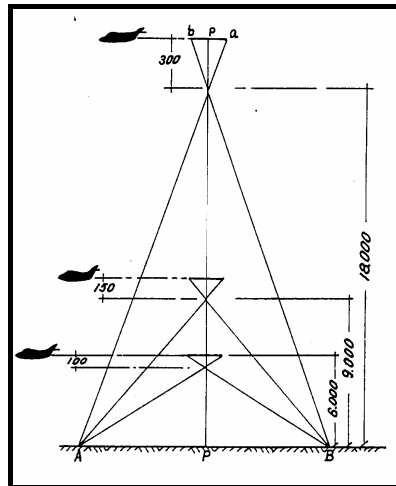


Figura 2.27. Três alturas de vôo diferentes, bem como três diferentes distâncias focais de câmeras.

A) PARA A ALTURA DE VÔO COM CÂMERA NORMAL:

ESCALA

$$\frac{df}{HV} = \frac{1}{E} \quad \therefore E = \frac{HV \cdot 1}{df} \quad \therefore E = \frac{18000000mm \cdot 1}{300mm} \quad \therefore E = 1 : 60.000$$

ÁREA

$$S = l^2 \quad \frac{d}{D} = \frac{1}{E} \quad \therefore D = \frac{d \cdot E}{1} \quad \therefore D = \frac{0,23m \cdot 60000}{1} \quad \therefore D = 13.800m$$

$$S = 13800^2 \quad \therefore S = 190440000m^2 \quad \text{ou} \quad S = 190,44km^2$$

B) PARA A ALTURA DE VÔO COM CÂMERA GRANDE ANGULAR:

ESCALA

$$\frac{df}{HV} = \frac{1}{E} \quad \therefore E = \frac{HV \cdot 1}{df} \quad \therefore E = \frac{9000000mm \cdot 1}{150mm} \quad \therefore E = 1:60.000$$

ÁREA

$$S = l^2 \quad \frac{d}{D} = \frac{1}{E} \quad \therefore D = \frac{d \cdot E}{1} \quad \therefore D = \frac{0,23m \cdot 60000}{1} \quad \therefore D = 13.800m$$

$$S = 13800^2 \quad \therefore S = 190440000m^2 \quad \text{ou} \quad S = 190,44km^2$$

C) PARA A ALTURA DE VÔO COM CÂMERA SUPER GRANDE ANGULAR:

ESCALA

$$\frac{df}{HV} = \frac{1}{E} \quad \therefore E = \frac{HV \cdot 1}{df} \quad \therefore E = \frac{6000000mm \cdot 1}{100mm} \quad \therefore E = 1:60.000$$

ÁREA

$$S = l^2 \quad \frac{d}{D} = \frac{1}{E} \quad \therefore D = \frac{d \cdot E}{1} \quad \therefore D = \frac{0,23m \cdot 60000}{1} \quad \therefore D = 13.800m$$

$$S = 13800^2 \quad \therefore S = 190440000m^2 \quad \text{ou} \quad S = 190,44km^2$$

Posteriormente, será mostrado cálculos relativos a:

- ALTURA DE VÔO.
- ABERTURA ANGULAR DA CÂMERA.
- ÁREA DE CAMPO ABRANGIDA PELA AEROFOTO.

EXERCÍCIO 1:

A que ALTURA deve voar um avião, para que as aerofotos sejam produzidas em ESCALA DE 1:6.000, usando-se uma câmera aerofotogramétrica com DISTÂNCIA FOCAL DE 150 mm?

Verificar também qual a ABERTURA ANGULAR DA CÂMERA, bem como a ÁREA ABRANGIDA PELA AEROFOTO.

Para a execução do exercício observe a figura abaixo:

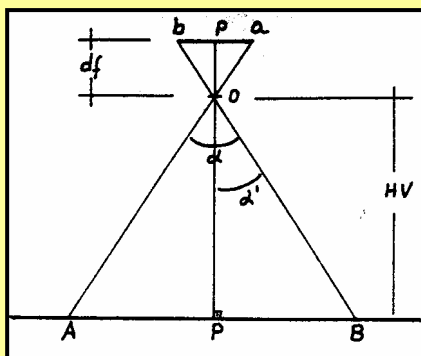
Dados:
 $df = 150\text{mm}$
 $E = 1 : 60000$

Pedidos:

$HV = ?$

$\alpha = ?$

$S = ?$



CÁLCULOS:

ALTURA DE VÔO:

$$\frac{df}{HV} = \frac{1}{E} \quad \therefore \quad HV = \frac{df \cdot E}{1} \quad \therefore \quad HV = \frac{150 \cdot 6000}{1} \quad \therefore \quad HV = 9000000\text{mm} \quad \text{ou} \quad HV = 900\text{m}$$

ABERTURA ANGULAR DA CÂMERA:

No $\triangle OPB$ temos que:

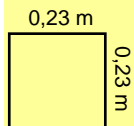
$$\text{tg} \alpha' = \frac{PB}{OP}$$

Porém,

$$OP = 900\text{m}$$

$$PB = ?$$

Logo, baseado na figura abaixo, temos que:



$$\frac{d}{D} = \frac{1}{E} \quad \therefore \quad D = \frac{d \cdot E}{1} \quad \therefore \quad D = \frac{0,23\text{m} \cdot 6000}{1} \quad \therefore \quad D = 1380\text{m}$$

$$PB = \frac{D}{2} = \frac{1380}{2} = 690\text{m}$$

Logo,

$$\text{tg} \alpha' = \frac{PB}{OP} = \frac{690}{900} \quad \therefore \quad \text{tg} \alpha' = 0,76666 \quad \therefore \quad \alpha' = 37^\circ$$

Finalmente,

$$\alpha = 2 \cdot \alpha' = 2 \cdot 37^\circ \quad \therefore \quad \alpha = 74^\circ$$

ÁREA ABRANGIDA PELA AEROFOTO:

$$S = l^2 \quad \therefore \quad S = (1380\text{m})^2 \quad \therefore \quad S = 1904400\text{m}^2 \quad \therefore \quad S = \frac{1904400\text{m}^2}{10000\text{m}^2} \quad \therefore \quad S = 190,44\text{ha}$$

2.6.4. CLASSIFICAÇÃO DE AEROFOTOS EM FUNÇÃO DA POSIÇÃO DO EIXO ÓTICO DA CÂMERA

De acordo com a posição do eixo ótico da câmera, ter-se-á dois tipos de aerofotos, que são:

- **AEROFOTOS VERTICAIS:** são consideradas aerofotos verticais, aquelas tiradas com o eixo ótico da câmera perpendicular ao plano de referência do terreno, ou melhor especificando, o eixo ótico da câmera coincide com a vertical do lugar. Todavia, poderá haver uma inclinação máxima de até 3° , entre o eixo ótico da câmera e uma perpendicular ao plano de referência, ou entre o eixo ótico e a vertical do lugar (Figura 2.28).

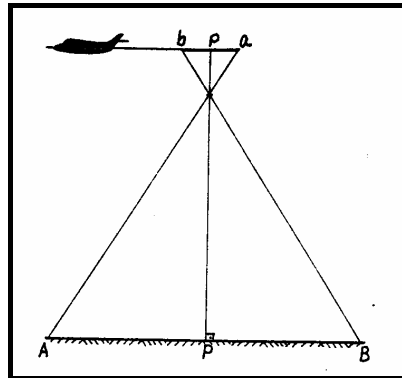


Figura 2.28. Esquema de uma aerofoto vertical.

- **AEROFOTOS OBLÍQUAS:** toda aerofoto coletada com o eixo ótico da câmera, dotado de um desvio acima de 3° em relação à vertical do lugar, já poderá ser considerada como sendo uma aerofoto oblíqua.

Existem dois tipos de aerofotos oblíquas, que são:

- **ALTO OBLÍQUA:** são aquelas em que consegue-se visualizar o horizonte do terreno.
- **BAIXO OBLÍQUA:** são aquelas em que não se consegue visualizar o horizonte do terreno.

Para ambas fotografias, Alto e Baixo Oblíqua, não se pode identificar uma determinada Escala, visto que, em virtude de o eixo ótico da câmera sofrer grande desvio da vertical do lugar, haverá distorção na imagem aerofotografada (Figura 2.29).

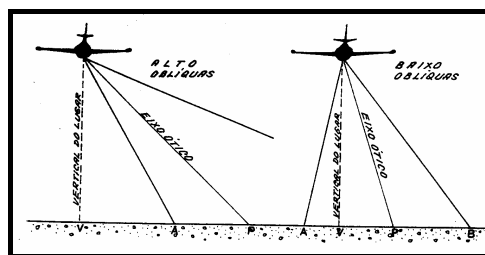


Figura 2.28. Esquema de uma aerofoto alto oblíqua e baixo oblíqua.

Pergunta-se então: Para que servirão as aerofotos oblíquas?

Como resposta dir-se-á grande área recoberta, assim como elas permitem que se faça determinação de objetos ocultos, daí o seu grande emprego em áreas militares.

Mesmo assim, elas não chegam a comparar-se com Aerofotos Verticais, visto que não possibilitam que se façam medições de Alturas, Distâncias e Ângulos.

No que diz respeito às aerofotos verticais, elas são as mais usadas, em virtude de proporcionarem uma série de vantagens, tais como:

- A de manter a escala aproximada constante.
- De permitirem medições verticais, horizontais e angulares.
- De serem utilizados na confecção de mosaicos aerofotogramétricos.

2.6.5. ELEMENTOS DA FOTOGRAFIA AÉREA VERTICAL

Se observar-se uma aerofoto, ver-se-á que ela é dotada de quatro marcas diametralmente opostas, situadas na metade dos bordos ou nos cantos (vértices) da aerofoto. A essas marcas dá-se o nome de MARCAS FIDUCIAIS ou de COLIMAÇÃO. O termo fiducial significa correto.

As marcas fiduciais são registradas automaticamente no negativo, no exato momento da tirada da foto, por já existirem no interior do corpo da câmera aerofotogramétrica.

Ao mostrar-se o corte longitudinal de uma câmera aerofotogramétrica, no momento em que a mesma encontra-se captando imagens de uma área de terra, observa-se que a luminosidade solar ao penetrar pelo diafragma da respectiva câmera leva ao negativo do filme, não só a imagem da área aerofotografada, como também, as marcas fiduciais já existentes no interior da respectiva câmera.

É o que se pode observar na Figura 2.29, em que pelo rebatimento da figura do negativo existente no interior da câmera, observa-se o posicionamento das respectivas marcas fiduciais.

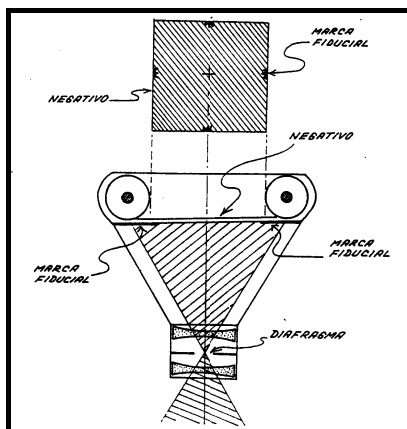


Figura 2.29. Esquema das MARCAS FIDUCIAIS de uma aerofoto.

Toda aerofoto é dotada de um ponto central ou principal, situado no centro da mesma (Figura 2.30).

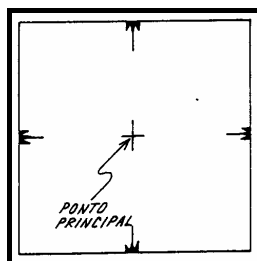


Figura 2.30. Ponto principal de uma aerofoto.

Um método rápido e simples de se marcar o ponto principal a partir das marcas fiduciais e que tem a vantagem de evitar que se tracem linhas nas aerofotos, consiste em fazer-se uso de um papel transparente (PAPEL ACETATO), um pouco maior que o tamanho das aerofotos.

Sobre esse acetato, marcam-se duas finas semi-retas com lápis 4H ou 5H, exatamente perpendiculares entre si e cruzando o meio do acetato, tal como se mostra a Figura 2.31.

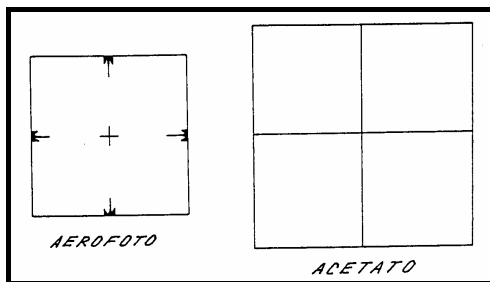


Figura 2.31. Marcação do ponto principal sobre o papel de acetato.

Em seguida, fixa-se a aerofoto em uma prancheta, com auxílio de 4 (quatro) fitas durex, e coloca-se o papel acetato sobre a aerofoto, de maneira que as semi-retas sobreponham exatamente as pontes das marcas fiduciais da aerofoto (Figura 2.32).

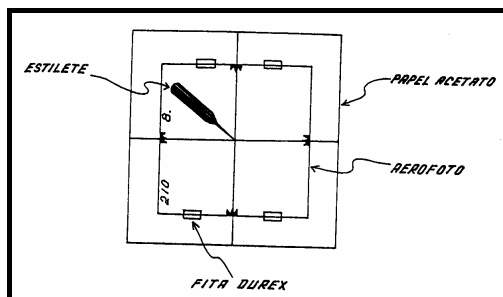


Figura 2.31. Fixação do papel de acetato sobre a aerofoto.

Feito isso, com um estilete marca-se na aerofoto o PONTO CENTRAL OU PRINCIPAL, exatamente no cruzamento das duas linhas tracejadas no papel acetato.

O PONTO CENTRAL OU PRINCIPAL da aerofoto pode ser definido como sendo o pé da perpendicular traçada do centro ótico da câmera aerofotogramétrica ao plano da fotografia.

As marcas fiduciais variam de acordo como tipo de câmera usada. Assim é que se tem marcas fiduciais localizadas nas extremidades (vértices), ou nas bordaduras centrais das aerofotos.

Abaixo (Figura 2.32), está-se dando uma idéia de 3 tipos de marcas fiduciais existentes, padronizadas em aerofotos da WILD; ZEISS e FAIRCHILD.

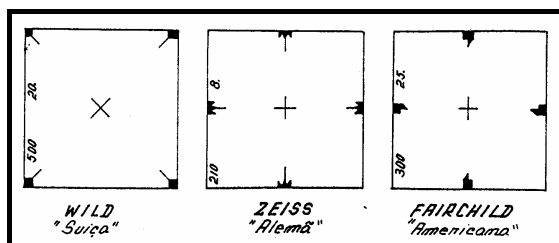


Figura 2.32. Exemplo de marcas fiduciais comerciais.

2.7. DESENHO ESTEREOSCÓPICO DO MAPA AEROFOTOGRAMÉTRICO

Para a confecção simples de um mapa, tem-se que trabalhar com as aerofotos componentes de um fotoíndice e um estereoscópio de espelhos dotado de uma capacidade abrangedora dos 60% de recobrimento existentes entre pares de aerofotos. É claro que, em virtude de estar-se trabalhando (desenhando) estereoscopicamente, e levando-se em consideração que uma aerofoto recobre a outra não em sua totalidade, mas sim nos 60% (sessenta por cento) do sentido longitudinal de vôo, para que se possa confeccionar o desenho integral da área de uma aerofoto, ter-se-á que fazer o uso de 3 aerofotos seqüentemente numeradas, visto que somente um aerofoto posicionada entre duas outras aerofotos será a que poderá receber em sua totalidade a ESTEREOSCOPIA e, conseqüentemente, proporcionar o desenho estereoscópico em toda a sua área (Figura 2.33).

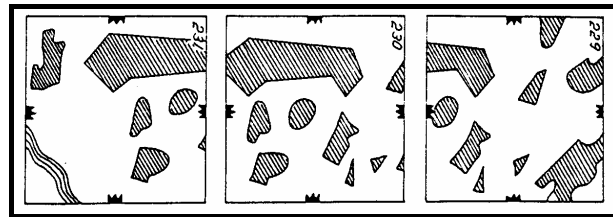


Figura 2.33. Seqüência de aerofotos a serem fotointerpretadas.

Na Figura 2.34, observe-se o posicionamento estereoscópico das três aerofotos (229, 230 e 231), sendo que o papel acetato ou papel vegetal, destinados a receber o desenho, devem ser sobrepostos na aerofoto central (aerofoto 230) e, de princípio, far-se-á o desenho dos 60% estereoscópicos existentes entre aerofotos 229/230, para logo em seguida complementar-se os 40% da aerofoto 230, passando-se a trabalhar com as aerofotos de números 230/231.

Observa-se então, que com um estereoscópio de espelhos e três aerofotos seqüentemente numeradas, consegue-se fazer o desenho estereoscópico integral de uma das aerofotos.

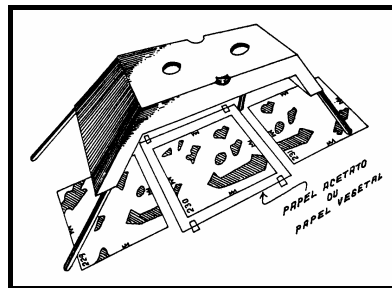


Figura 2.34. Elaboração da fotointerpretação utilizando o estereoscópio.

Não se poderá integralizar os desenhos estereoscópicos em aerofotos posicionadas nas extremidades da faixa de vôo, visto que as mesmas encontram-se apenas recobertas por um percentual de aproximadamente 60% (sessenta por cento) em relação à aerofoto seqüente.

EXERCÍCIO PRÁTICO 7: MONTAGEM RÁPIDA DE UM ESTEREPAR

A percepção estereoscópica exige que as fotos sejam montadas adequadamente. Isto implica em orientar uma foto em relação a outra, de tal maneira que se restabeleça a geometria relativa em que tal par de fotografias foi obtido. Cada olho do observador fará o papel da objetiva fotográfica, enquanto as fotos representarão a área de terreno registrada em cada posição da câmara fotogramétrica.

Para se recompor a geometria das fotos, devemos observar alguns critérios que facilitarão esta tarefa. O primeiro deles é o de procurar a numeração da foto. Esta e outras informações aparecerão nas fotos sempre na mesma posição relativa, isto é, se a numeração de uma foto apareceu no canto superior direito, nas demais fotos a numeração aparecerá em posição idêntica. Trabalhando-se com fotos de uma mesma linha de vôo, a numeração deverá ser seqüencial. Agora, disponha as fotos sobre uma superfície plana – uma mesa, por exemplo – de tal maneira que a numeração das mesmas – ou qualquer outra informação comum – guarde a mesma posição relativa. Uma análise mais demorada do estereopar é primordial para a identificação das cenas homólogas.

Observe detalhadamente a Figura 1. A montagem correta do estereopar conduzirá a uma orientação relativa das fotos à semelhança em que foram obtidas. A determinação do Ponto Principal de cada fotografia facilitará consideravelmente esta montagem.

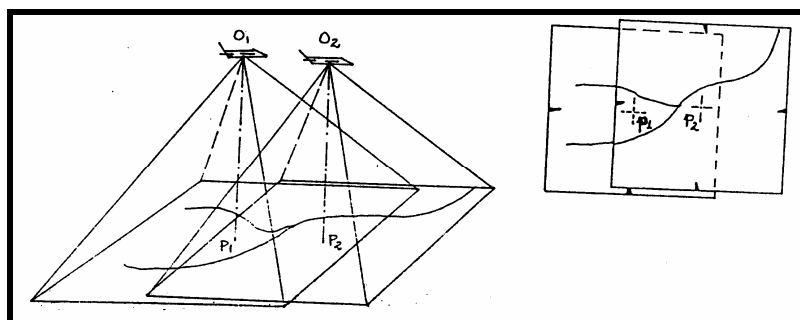


Figura 1. Montagem correta de um estereopar.

LOCALIZAÇÃO DO PONTO PRINCIPAL DE UMA FOTOGRAFIA

1. Localize as marcas fiduciais de sua fotografia. Estas marcas se encontram ou nos vértices da foto ou no meio de cada um dos lados. Localize agora as marcas fotogramétricas. Elas estarão dentro das marcas fiduciais, sendo pontos inequívocos. Procure, por exemplo, por uma cruz, o dente central de um serrilhado, um alinhamento bem definido, etc. A Figura 2. mostra tais exemplos.

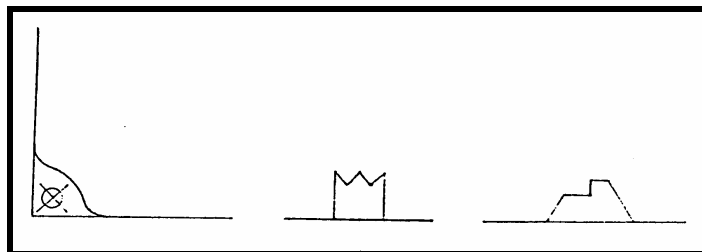


Figura 2. Marcas fiduciais de uma fotografia.

2. Usando uma régua de boa qualidade, alinhe marcas fotogramétricas opostas. Trace sobre a foto, com um lápis dermatográfico, um segmento de uns 3 cm no meio deste alinhamento. Faça o mesmo para as outras duas marcas. Observe a Figura 3. Na interseção destes dois segmentos perpendiculares, estará definido o ponto principal da foto, que é a materialização do eixo óptico com o plano fotográfico. Pode-se, também, entendê-lo como sendo a projeção ortogonal do centro de perspectiva da foto – centro óptico – sobre o plano da fotografia.

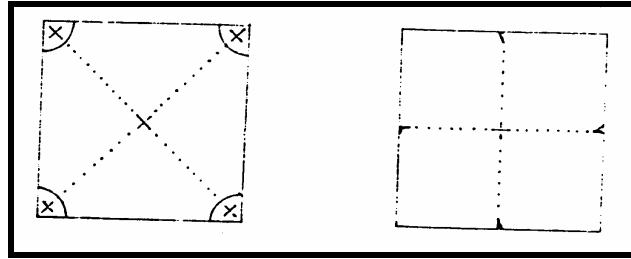


Figura 3. Alinhe marcas fotogramétricas opostas.

SEQUENCIA PARA UMA MONTAGEM RÁPIDA DE UM ESTEROGRAMA PARA ESTEREOSCÓPIO DE LENTES

1. Marque o ponto principal de cada foto.
2. Localize a numeração de cada foto.
3. Disponha as duas fotos sobre a mesa de tal maneira que a numeração de ambas apareça na mesma posição relativa, isto é, se na foto da esquerda a numeração ficou no canto superior esquerdo.
4. Procure em ambas as fotos, cuidadosa e pacientemente, imagens homólogas. Tais imagens são semelhantes mas jamais idênticas.
5. Selecione um detalhe bem nítido – um cruzamento de rodovias, uma colina, uma construção, etc – na região de cenas homólogas.
6. Superponha uma foto sobre a outra de modo a coincidir, da melhor forma possível, o detalhe selecionado. Confira, olhando alternadamente as fotos superpostas, se outras imagens homólogas também estão superpostas ou bem próximas. Se isto não ocorrer, verifique se a numeração das fotos guarda a mesma posição relativa, reorientando-as para tal. Busque sempre a coincidência de toda a região de cenas homólogas.
7. Uma vez que você esteja seguro de haver superposto corretamente as duas fotos, tente visualizar o alinhamento entre o ponto principal de cada foto. Para isto, pressionando a foto superior na região ponto principal desta, levante a margem que se situa sobre a foto inferior, e procure ver o ponto principal dela.
8. Mantendo a superposição das fotos, gire-as até que o alinhamento entre os pontos principais fique paralelo à linha imaginária que une seus olhos. Posicione o conjunto sobre a mesa, evitando que fique muito próximo da sua borda. Isto possibilitará maior segurança ao deslocar o estereoscópio sobre a região de estereoscopia.
9. Fixar, com durex, os vértices da margem extrema de uma das fotos, isto é, a margem esquerda da foto esquerda ou a margem direita da foto direita. Para isto, faça uma pequena dobra no pedaço de durex, de forma a ter uma das pontas sem cola. Esta ponta sem cola deverá ficar sobre a fotografia, e o pedaço de durex deverá ser fixado próximo ao vértice da foto, paralelamente ao alinhamento dos pontos principais.
10. Afaste a foto, que ficou livre, na direção do alinhamento dos pontos principais, até que a distância entre imagens homólogas seja aproximadamente igual ao valor da estereobase adequada ao estereoscópio em uso. Para estereoscópios de lentes, o tamanho usual de fotos (23 cm x 23 cm) fará com que uma foto ainda permaneça sobre a outra ao final do afastamento. Veja a sequência apresentada na Figura 4.

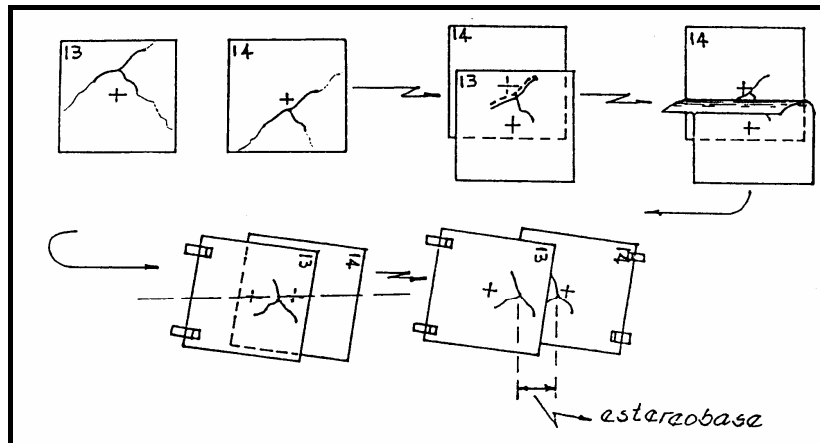


Figura 4. Esquema da montagem do estereograma.

11. Colocar o estereoscópio de tal forma que cada lente situe-se sobre imagens homólogas.
12. Observar no estereoscópio e fazer os ajustes finais para uma visualização tridimensional correta, atuando na foto que ficou livre. Desloque o estereoscópio para visualizar as regiões extremas do estereomodelo. Faça os ajustes necessários a uma correta e confortável observação estereoscópica. É sempre conveniente observar uma cena com o eixo óptico dos olhos perpendicular ao plano das fotografias. Deve-se evitar sempre observações que exijam inclinação da cabeça. Para tanto, desloque o estereoscópio de modo que o tema de interesse ocupe sempre a porção central da área de visão.
13. Afaste, cuidadosamente, o estereoscópio para longe das fotos, sem tocar nestas.
14. Fixar, com durex, os vértices da margem extrema da foto que estava livre. Para o estereoscópio de lentes, as margens internas das fotos deverão ficar livres. Use o mesmo procedimento de dobrar uma das pontas do pedaço de durex. Esta ponta sem cola deverá ficar sobre a fotografia, e o pedaço de durex deverá ser fixado nos extremos da foto, paralelamente ao alinhamento dos pontos principais. A fixação das fotos, desta maneira, facilitará o manuseio do estereoscópio sobre elas e a retirada do durex, sem danificá-las.
15. Observar o estereomodelo detalhadamente. Procure delimitar, visualmente, os limites das regiões comuns a ambas as fotos, em cada uma das fotografias, isto é, procure na foto esquerda a margem esquerda da foto direita e, na foto direita, a margem direita da foto esquerda.
16. Agora, com o uso de uma régua, observando estereoscopicamente, trace esse limite para cada foto, usando o lápis dermatográfico. Na foto da esquerda, este limite estará à esquerda do ponto principal e, na foto da direita, à direita.
17. Como as fotos estarão superpostas, inverta a superposição para poder traçar a margem sobre a foto inferior. Não é necessário deslocar as fotos. Erga a foto superior pela sua margem livre; erga a foto inferior da mesma maneira, até passá-la sobre a anterior. Os durex funcionarão como dobradiças. Note que há uma nova região de estereoscopia que não podia ser observada na situação prévia. Veja a Figura 5.

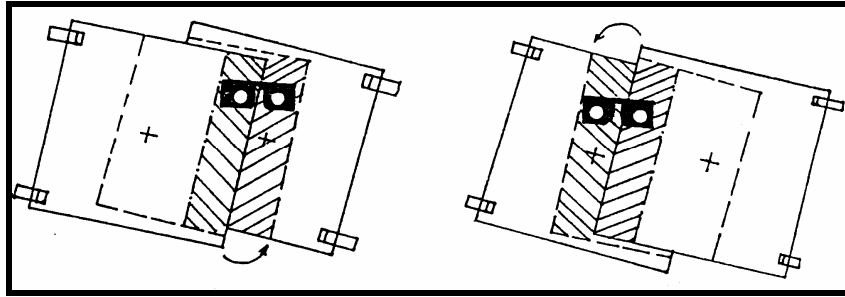


Figura 5. Observação com o estereoscópio.

18. Compare a geometria de observação e de orientação do seu estereograma com a geometria espacial apresentada na Figura 1.

SEQUÊNCIA PARA UMA MONTAGEM RÁPIDA DE UM ESTEREOGRAMA PARA ESTEREOSCÓPIO DE ESPELHOS

Os passos para a orientação correta de um estereopar para estereoscópios de espelhos somente diferirão no valor da estereobase. Como já sabemos, os estereoscópios de espelhos exigem um afastamento maior entre as imagens homólogas para uma correta visualização tridimensional. Deve-se tomar bastante cuidado ao manusear os estereoscópios de espelhos. Jamais toque a superfície dos espelhos. Ao contrário dos espelhos comuns, estes têm a superfície exterior espelhada, não havendo qualquer proteção à camada de prata.

Para se determinar a sua estereobase para o estereoscópio de espelhos, proceda da seguinte maneira:

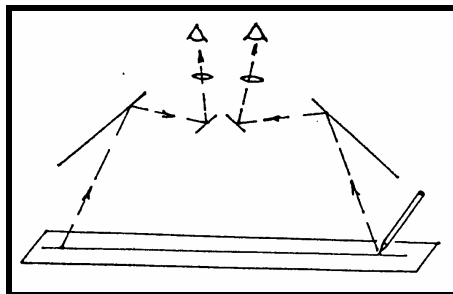


Figura 6. Limite traçado com uma régua.

Pegue uma tira de papel, de aproximadamente 30 cm de comprimento, e trace uma reta de uma extremidade a outra. Desenhe um pequeno círculo, sobre a reta, a uns 2 cm de uma das margens. Coloque a tira sob o estereoscópio, de forma que a extremidade com o círculo fique debaixo de um dos espelhos. Olhe agora no estereoscópio. Se você estiver vendo duas retas paralelas, gire ligeiramente o aparelho, até que as duas retas se fundam. Neste momento, a linha que une o centro óptico de cada lente do estereoscópio estará paralela à linha traçada no papel. Com um lápis posicionado sobre a reta no lado oposto ao do círculo, e ainda observando no estereoscópio, desloque o lápis até que a ponta deste pareça tocar o círculo. Copie agora círculo na posição em que você observou sua imagem sempre olhando no estereoscópio. Você acabou de gerar uma IMAGEM HOMÓLOGA do círculo. Este procedimento denomina-se TRANSFERÊNCIA ESTEREOSCÓPICA. Meça agora a distância entre os dois círculos sobre a reta. Esta distância é a sua estereobase para o aparelho em questão. Veja a Figura 6.

Para se proceder à montagem de um estereopar para estereoscópios de espelhos, deve-se proceder de forma inteiramente análoga até o passo 10 das instruções para estereoscópios de lentes. Atenção especial deverá ser dada ao item 8, pois isto evitará quedas do estereoscópio

quando for necessário deslocá-lo sobre a mesa. Ao final do item 10, devido ao valor da estereobase, estas estarão completamente separadas.

O correto posicionamento do estereoscópio exige que cada espelho situe-se sobre imagens homólogas. Imagine uma reta perpendicular a cada imagem homóloga selecionada. Cada reta deverá interceptar o respectivo espelho na sua porção mediana.

As fotos deverão, também, ter suas margens internas fixadas, uma vez que as fotos estarão separadas. Isto garantirá maior rigidez do conjunto ao movimento do estereoscópio. A delimitação da região de superposição, para cada foto, torna-se bem mais fácil, bastante o uso de uma régua para fazer a transferência estereoscópica da margem esquerda da foto direita para a foto esquerda e vice-versa.

Compare a montagem e a visualização estereoscópica nos dois aparelhos.