

Visão Estereoscópica para a Fotointerpretação

Paul S. Anderson

5.1. INTRODUÇÃO À VISÃO ESTEREOSCÓPICA (VISÃO BINOCULAR ARTIFICIAL).

Todas as pessoas que possuem visão normal têm visão binocular (em 3 dimensões) durante todo o tempo em que estão com os dois olhos abertos. A visão binocular dá o registro da profundidade, servindo para que possamos estimar distâncias de profundidade entre os objetos à nossa frente. Ela se fundamenta em duas imagens de um só objeto visto pelos dois olhos separadamente, isto é, com posições de observação diferentes. No caso da visão normal, uma imagem corresponde a cada olho. Em seguida, o cérebro realiza um processo chamado "fusão estereoscópica", o qual possibilita a visão em três dimensões.

Para enxergar fotografias aéreas em três dimensões, usamos o mesmo processo de fusão estereoscópica mental. Portanto, precisamos de uma imagem em cada olho, que é o comum para nossa visão normal; só que, na visão binocular normal, vemos diretamente um objeto ou uma paisagem com os dois olhos, enquanto que na visão estereoscópica de fotografias aéreas, em vez de vermos o objeto, observamos uma fotografia de uma paisagem com um dos olhos, e uma outra fotografia da mesma área, mas tomada de outra posição, com o outro olho. Vemos um objeto representado por duas fotografias, cada qual contendo e mostrando uma imagem fotográfica diferenciada; cada uma dessas imagens é vista por um dos olhos.

Essas duas fotografias são tiradas por uma câmara num avião em movimento acima de uma determinada área. A visão estereoscópica é baseada na reprodução, em um laboratório, das linhas óticas ou raios luminosos que formaram as imagens nos negativos; e essas linhas de luz são reproduzidas na fotografia para cada olho. Juntos, os olhos são capazes de formar um modelo estereoscópico. Em outras palavras, os olhos tomam as posições das câmaras aéreas; os cristalinos são equivalentes às lentes, as retinas são análogas aos negativos, e a fotografia aérea observada representa a situação do terreno, só que em escala reduzida. Para cada um dos olhos, individualmente, a imagem é plana; somente com a fusão estereoscópica mental é que a visão torna-se tridimensional.

A Figura 5.1 mostra uma representação diagramática de um hipotético gigante observando um terreno, e também vendo fotografias aéreas ordenadas de tal forma que lhe proporcionam a visão estereoscópica. Podemos notar, neste desenho, que as duas fotografias aéreas estão numa linha que passa, horizontalmente, diante do rosto do gigante observador (à frente dos seus olhos), representando, cada uma, as estações aéreas do avião quando as fotos foram tomadas, em momentos diferentes.

Não somos gigantes, nem nossa distância interpupilar é tão grande; contudo, numa escala reduzida, podemos reproduzir exatamente o que o gigante está vendo.

5.2. DISTÂNCIA INTERPUPILAR

Existem vários elementos importantes para a estereoscopia com fotografias aéreas. Um dos elementos é a distância interpupilar, que, no caso do gigante, é a distância entre as posições de tomadas das fotografias aéreas. No nosso caso, a

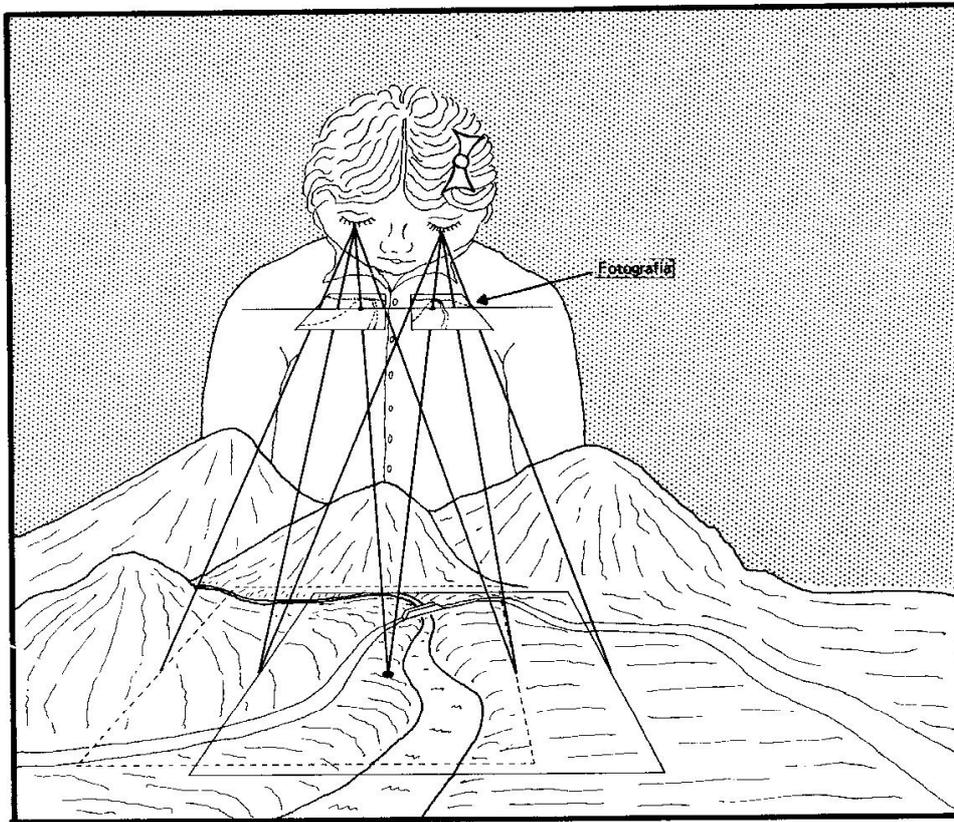


FIGURA 5.1 – Uma distância interpupilar gigantesca (segundo McNeil, 1954)

distância interpupilar é determinada pelo tamanho de nossa cabeça, e não é nem parecida com a distância entre as posições do avião quando as fotografias aéreas foram tomadas. Para a fotointerpretação, precisamos medir a distância interpupilar de cada pessoa. A distância interpupilar normal dos adultos varia entre 58 e 65mm, mas existem pessoas com distâncias interpupilares maiores ou menores, chegando a até mais de 70mm.

A importância desta distância está na maneira como nossos olhos estão acostumados a ver em linhas convergentes ou paralelas. Sentimo-nos à vontade com os olhos convergindo (com um certo ângulo) para ler um livro, geralmente à uma distância de mais ou menos 25cm (veja a Figura 5.2). A uma distância menor do que 15cm, temos problemas pela convergência excessiva dos olhos, causando-lhes tensão e, conseqüentemente, com a insistência nesta posição, danos. Quando observamos objetos distantes, os raios luminosos são progressivamente menos convergentes, até chegarem a ser paralelos. Por exemplo, se virmos uma árvore, ou outro objeto que tenha uma largura de imagem igual a 7cm, a uma distância de 100m ou mais, estaremos vendo um objeto que é maior do que nossa distância interpupilar. Aquela distância, os objetos grandes aparecem pequenos e nossa visão é paralela, ou seja, vendo à distância, as linhas de observação de nossos olhos são paralelas. A visão divergente é anormal; podemos fazê-la somente se forçarmos os olhos.

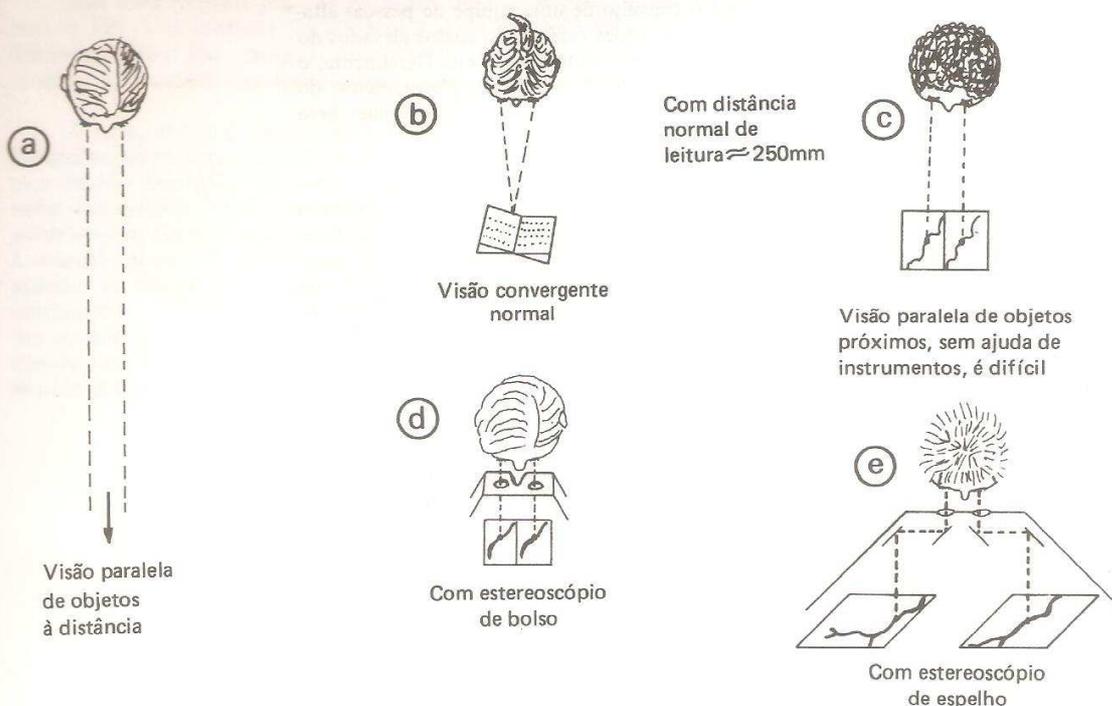


FIGURA 5.2 – Variações da visão paralela e da visão convergente

Por essas razões é que não devemos ver imagens fotográficas com linhas de visão divergentes ou convergentes em demasia. Também pelas razões acima mencionadas, é importante conhecer nossa distância interpupilar. A maneira para medi-la pode ser a mesma do oculista ao determinar o tamanho e o ajuste dos óculos. Ele se coloca na frente da pessoa e pede que ela olhe fixamente para um único ponto de seu rosto, por exemplo, o seu nariz. É importante que ele (a pessoa que está fazendo a medida) não esteja perto demais de quem está sendo medido. O oculista coloca e segura uma régua milimetrada horizontalmente na frente dos olhos do paciente. Mantendo o olho direito fechado, ele vê o olho direito do paciente através do seu olho esquerdo, e posiciona o ponto zero da régua no centro daquele olho (direito, do paciente); depois, fechando o olho esquerdo e abrindo o direito, ele vê o olho esquerdo da pessoa que está sendo medida; assim, ele vê a posição central da pupila na régua, faz a leitura e, então, determina a distância interpupilar daquela pessoa. É aconselhável repetir esta medida várias vezes, para se estar completamente seguro de que foi feita corretamente. Uma vez conhecida, a distância interpupilar precisa ser lembrada, porém não há necessidade de medi-la outra vez pois ela é fixa.

Quando usamos estereoscópicos, é importante ajustar a distância da separação entre os centros das lentes, de acordo com a nossa distância interpupilar. Somente alguns estereoscópicos não tem esse ajuste, mas eles não causam muitos problemas. É muito comum o uso do estereoscópio de bolso com uma separação entre as lentes um pouco menor do que a distância interpupilar do observador. (A distância interpupilar é, também, o maior limite da separação das imagens homólogas das fotografias aéreas observadas. Isto será explicado mais tarde neste capítulo).

5.3. OBTENÇÃO DE FOTOGRAFIAS AÉREAS

Como auxílio para se entender como funciona a visão estereoscópica, e também conhecer algumas características das fotos aéreas, consideraremos agora como as fotografias são obtidas.

A tomada de fotografias aéreas é o trabalho de uma equipe de pessoas altamente especializadas, pois elas operam com aviões caríssimos, custos elevados do tempo de voo, assim como do preço do material fotográfico, etc. Geralmente, o fotointérprete principiante tem pouca responsabilidade sobre o planejamento do voo aerofotográfico. Contudo, para o nosso trabalho é necessário entender bem como são obtidas as faixas de fotografias aéreas.

As fotografias aéreas são normalmente tiradas de aviões; entretanto, é possível tirá-las de um helicóptero, que tem um movimento completamente livre no ar. Com este raciocínio, podemos imaginar que cada fotografia pode ser considerada como uma posição ou estação aérea de um helicóptero, ou, também, a posição de um avião no instante de tirar uma fotografia do terreno que aparece exatamente debaixo da câmara; uma fotografia realizada desta posição é classificada como vertical. A fotografia vertical possui várias características, inclusive a de que as marcas fiduciais permitem a localização do ponto principal (PP), o qual está situado no centro da foto (veja o Capítulo 6). Nela vamos encontrar, também, o número da fotografia aérea.

Depois da tomada de uma fotografia, o avião ou o helicóptero movimenta-se numa direção reta, escolhida por quem planejou a cobertura fotográfica, para tirar a segunda fotografia que terá um outro ponto principal. A segunda fotografia inclui a imagem correspondente ao ponto principal da primeira fotografia aérea, chamado ponto principal conjugado (PPC) da fotografia 1. Esta situação é representada na Figura 5.3, que mostra o *recobrimento longitudinal* na direção do voo.

Notamos que, para ter o ponto principal da primeira fotografia aérea incluído na segunda, é preciso ter um recobrimento de, pelo menos, 50%. Geralmente, o recobrimento desejável é de cerca de 60%. Também observamos, na primeira fotografia, que podemos, depois de ter em mãos a segunda, identificar onde está a imagem do ponto principal da segunda fotografia, ou seja, o PPC₂.

Com duas fotografias aéreas subseqüentes, temos duas imagens da mesma área, de modo que os mesmos objetos no terreno estão vistos de estações aéreas diferentes. As duas imagens de um mesmo objeto são chamadas de *imagens conjugadas* ou *homólogas*, porque as imagens são oriundas de um mesmo objeto no terreno.

O ponto principal da fotografia 1 (PP₁) tem seu conjugado identificável na fotografia 2; e o ponto principal da fotografia 2 (PP₂) tem o seu conjugado identificável na fotografia 1. Em outras palavras, o conjugado do ponto principal (PP) de uma fotografia aparece na fotografia aérea subseqüente. Notamos assim que, em uma fotografia aérea, o PP dessa fotografia e o PPC da fotografia seguinte são visíveis. A linha que faz a conexão entre esses pontos representa a *linha de voo* (Figura 5.3). Essa é a linha sobre a qual o avião se deslocou entre a posição de tomada da fotografia 1 (representada pelo PP₁) e a posição de tomada da fotografia 2 (representada pelo PPC₂). Esta linha é identificável em ambas as fotografias, e *somente quando* se possui ambas. Uma fotografia isolada não tem linha de voo identificável.

A *linha de voo* é uma *resultante*, e não corresponde, necessariamente, ao movimento real do avião. Consideremos o exemplo do helicóptero tirando as fotografias: ele pode tirar a fotografia 1, voltar ao aeroporto para abastecimento, e voar imediatamente para a posição de tomada da fotografia 2. Do mesmo modo, um avião pode voar, entre duas estações de tomada de fotografias, sofrendo variação no rumo de voo, devido ao vento ou a um erro de pilotagem. Contudo, não temos nenhuma maneira de saber disso: só vemos que a linha de voo é um segmento de reta formado entre os pontos principais do par de fotografias que estamos observando estereoscopicamente.

Essa linha formada pela ligação do PP_1 com o PPC_2 (ou, igualmente, do PP_2 com o PPC_1), é chamada de *fotobase* e é medida em milímetros; ela é uma distância *relativa*. Em contraste, a *aerobase* é a distância *absoluta e real* entre as estações de tomada de duas fotos aéreas, medida em metros ou quilômetros.

A linha de vôo é sumamente importante no alinhamento ou orientação de fotografias aéreas para a reconstrução de uma situação ótica que proporcione imagens em três dimensões. Essa situação ótica é composta de um sistema de coordenadas retangulares. Desta forma é que a linha que passa à frente do observador, paralelamente aos seus olhos, é chamada de *eixo X*. A linha perpendicular ao eixo X é chamada de *eixo Y*. Mesmo que o eixo Y seja denominado vertical, isto não é aplicado no sentido de elevação (o eixo Z é que representa alturas). O eixo Y é simplesmente perpendicular ao eixo X. Ambos são completamente independentes das margens das fotografias aéreas, pois temos que admitir que o avião ou mesmo a câmara aérea se deslocam alguns graus de seus rumos, durante a realização do vôo aerofotográfico.

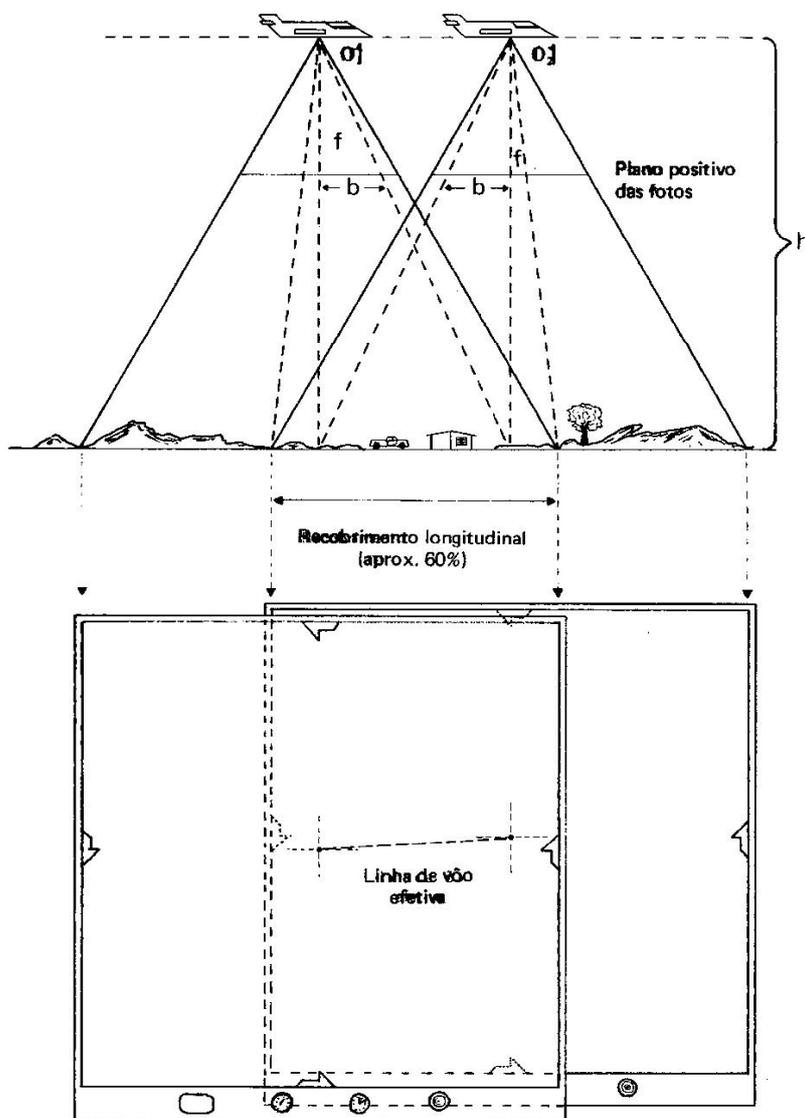


FIGURA 5.3 – Recobrimento longitudinal na tomada de fotografias aéreas

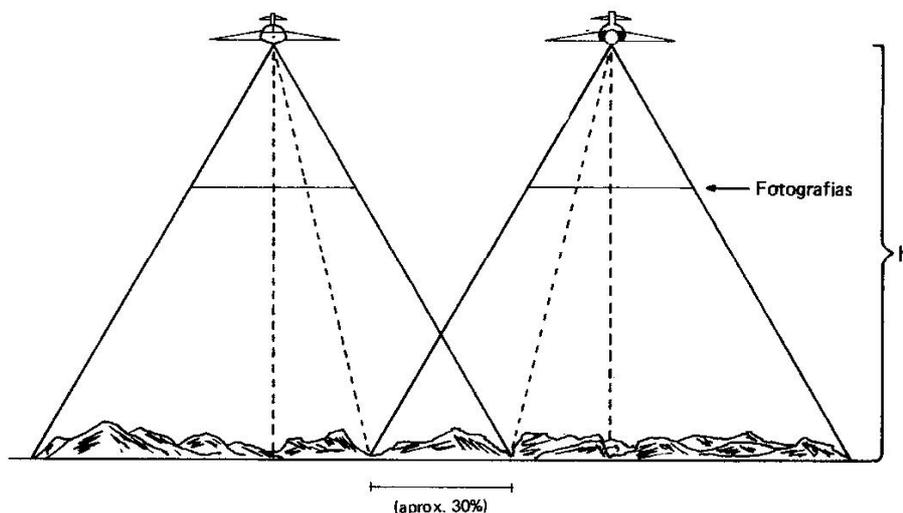


FIGURA 5.4 – Recobrimento lateral entre duas fotografias aéreas de faixas diferentes

Após obter uma faixa de fotografias aéreas, o avião retorna por uma outra rota, que recobre entre 10 a 30% da faixa lateral anterior (Figura 5.4). Notamos que alguns pontos do terreno, dentro da zona de recobrimento, são fotografados várias vezes em *ambas* as faixas, aparecendo, nos recobrimentos normais, em até seis fotografias no máximo (Figura 5.5). Para a estereoscopia completa de uma faixa, precisamos de um recobrimento igual a, pelo menos, 50% entre cada par de fotos em seqüência. Normalmente, o recobrimento atinge até 60%, para evitar “buracos” na cobertura..

Os “buracos” podem acontecer, principalmente, por causa das oscilações da altura de voo e do vento. Algumas vezes, o avião tem problemas de “derivar” (drift), ou de “desvio” (crab = caranguejo) (Figura 5.6), ou ainda de “inclinação” (tilt); todos estes são ocorrências não-intencionais. Geralmente, as fotos com demasiados efeitos de deriva, desvio ou inclinação, não são aceitas pelo requisitante do voo. Neste caso, o trabalho precisará ser refeito. Por isto, muito raramente encontramos fotografias com sérios problemas desses tipos.

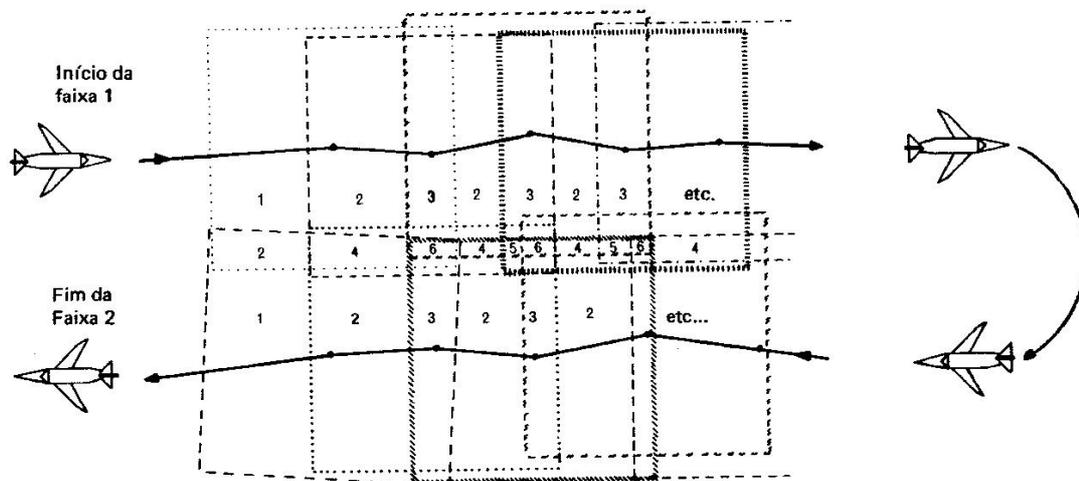


FIGURA 5.5 – Recobrimento de fotografias aéreas mostrando deriva e desvio. (Nota: Os números indicam a quantidade de fotos que recobre uma mesma área.)

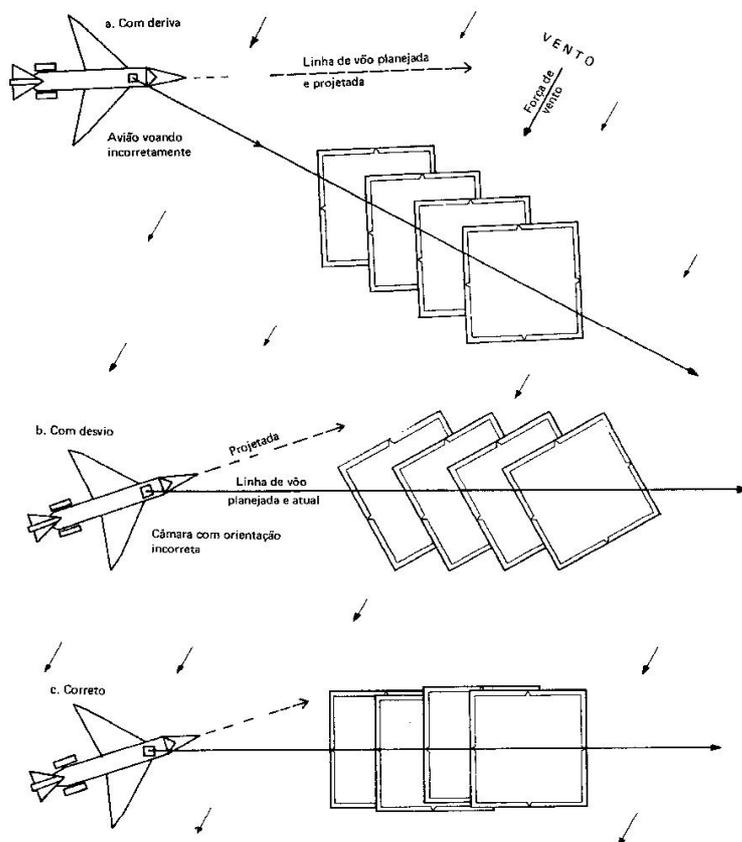


FIGURA 5.6 – Deriva e desvio na tomada de fotografias aéreas

5.4. ÍNDICES DE FOTOGRAFIAS AÉREAS

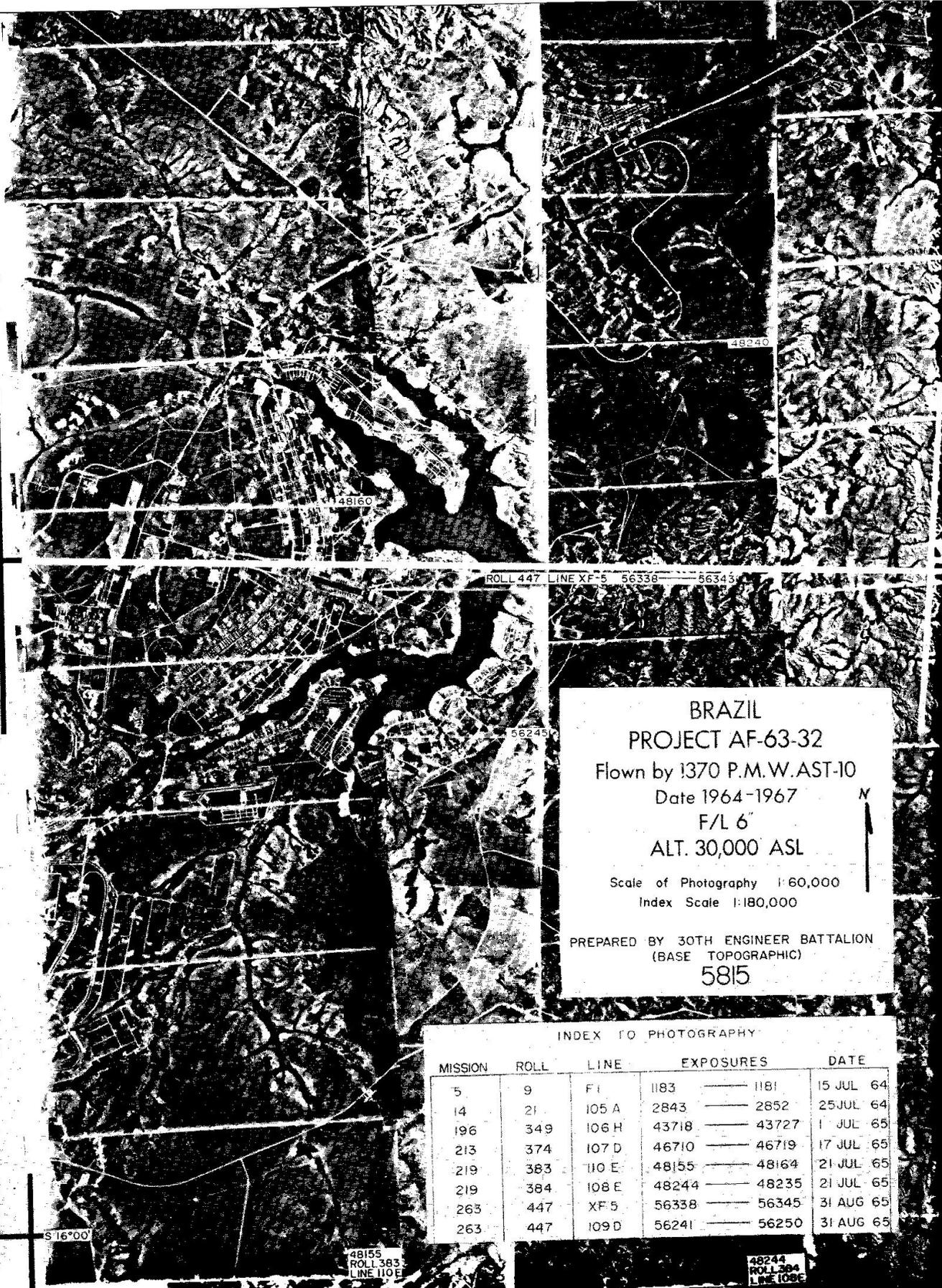
Considerando que milhares de fotografias são tiradas a cada ano, e de vários lugares do país, é necessário que exista um sistema de classificação e de numeração dessas fotografias. Isto se realiza por meio da elaboração de índices de fotografias. Existem três tipos principais desses índices:

a) *Fotoíndice fotográfico:* é uma espécie de mosaico, no qual os recobrimentos longitudinal e lateral das fotografias estão sobrepostos e o resultado é fotografado. As margens e os números das fotografias são visíveis, permitindo a identificação daquelas fotografias que recobrem a área de interesse. NOTA: Em mosaicos não-controlados comuns, o objetivo é unir fotografias cortadas de maneira a *não* mostrar as linhas de união entre elas. Este não é o caso do fotoíndice fotográfico (veja a Figura 5.7).

b) *Fotoíndice de margens:* é um desenho similar a um mapa, mostrando as margens e o número de cada fotografia em relação a estradas, canais hidrográficos, e ou outras características importantes (Figura 5.8).

c) *Fotoíndice de pontos principais e linhas de vôo:* é um desenho similar a um mapa, mostrando uma seqüência de pontos principais unidos pelas linhas de vôo sobre um mapa-esboço (veja a Figura 5.9.).

Um controle dos fotoíndices é feito pelas próprias companhias aerofotogramétricas. A coordenação nacional, para o Brasil, é realizada pela Diretoria do Serviço Geográfico (DSG), situada no Quartel General do Exército, em Brasília (Setor Militar Urbano). A DSG trabalha em comum acordo com o Estado Maior das Forças Armadas (EMFA) para a autorização da tomada de fotografias aéreas no país.



BRAZIL
PROJECT AF-63-32
 Flown by 1370 P.M.W.AST-10
 Date 1964-1967
 F/L 6"
 ALT. 30,000 ASL

N ↑

Scale of Photography 1:60,000
 Index Scale 1:180,000

PREPARED BY 30TH ENGINEER BATTALION
 (BASE TOPOGRAPHIC)
5815

INDEX TO PHOTOGRAPHY

| MISSION | ROLL | LINE | EXPOSURES | | DATE |
|---------|------|-------|-----------|-------|-----------|
| 5 | 9 | F I | 1183 | 1181 | 15 JUL 64 |
| 14 | 21 | 105 A | 2843 | 2852 | 25 JUL 64 |
| 196 | 349 | 106 H | 43718 | 43727 | 1 JUL 65 |
| 213 | 374 | 107 D | 46710 | 46719 | 17 JUL 65 |
| 219 | 383 | 110 E | 48155 | 48164 | 21 JUL 65 |
| 219 | 384 | 108 E | 48244 | 48235 | 21 JUL 65 |
| 263 | 447 | XF 5 | 56338 | 56345 | 31 AUG 65 |
| 263 | 447 | 109 D | 56241 | 56250 | 31 AUG 65 |

FIGURA 5.7 - Uma parte de um fotoíndice fotográfico da região de Brasília

W 48°00

48155
ROLL 383
LINE 110E

48244
ROLL 504
LINE 108E

56241
ROLL 447
LINE 109D

FOTO-ÍNDICE DE UMA PARTE DO DISTRITO FEDERAL

ESCALA (APROX.) DAS FOTOS 1:20.000

1966

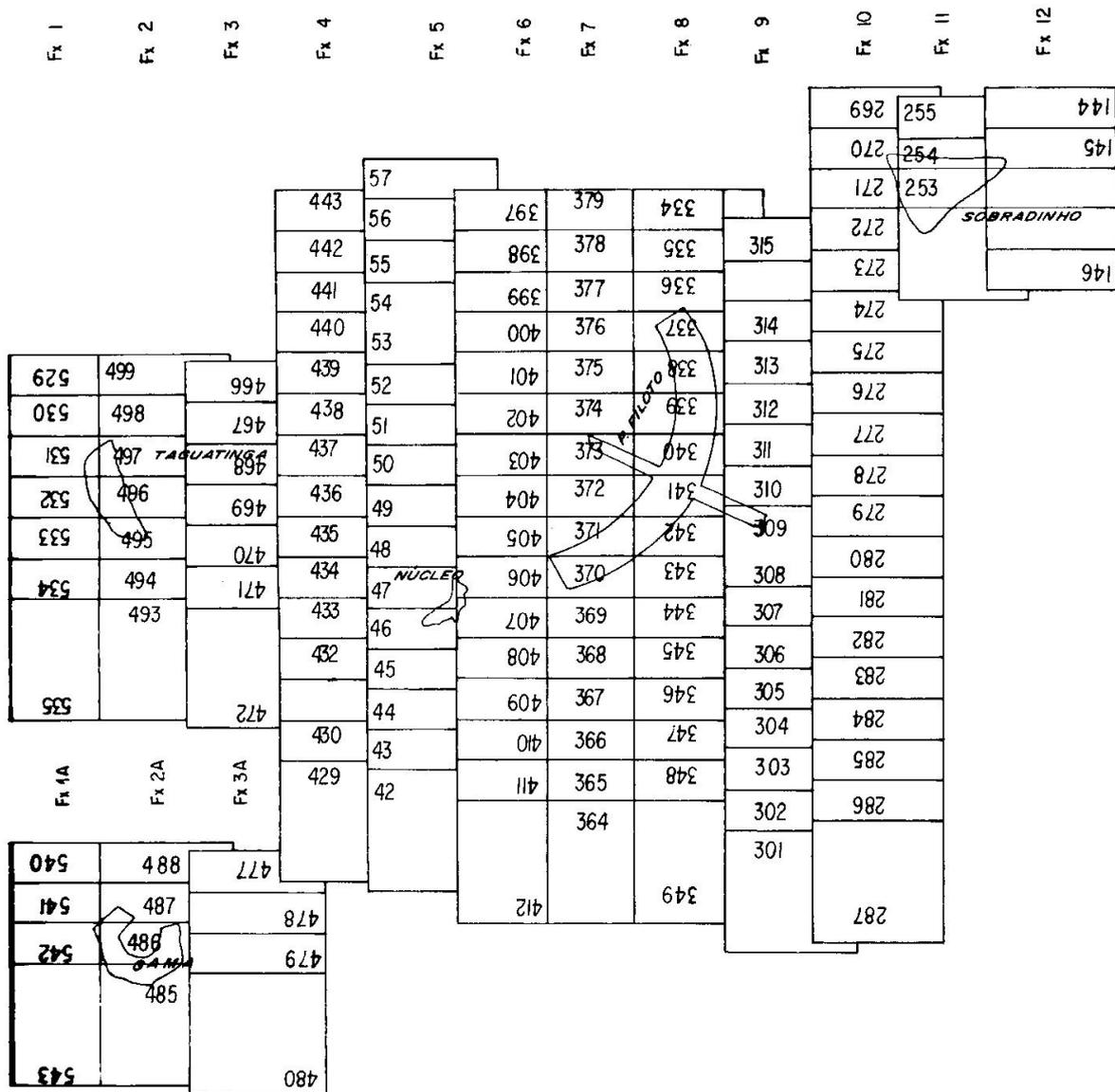
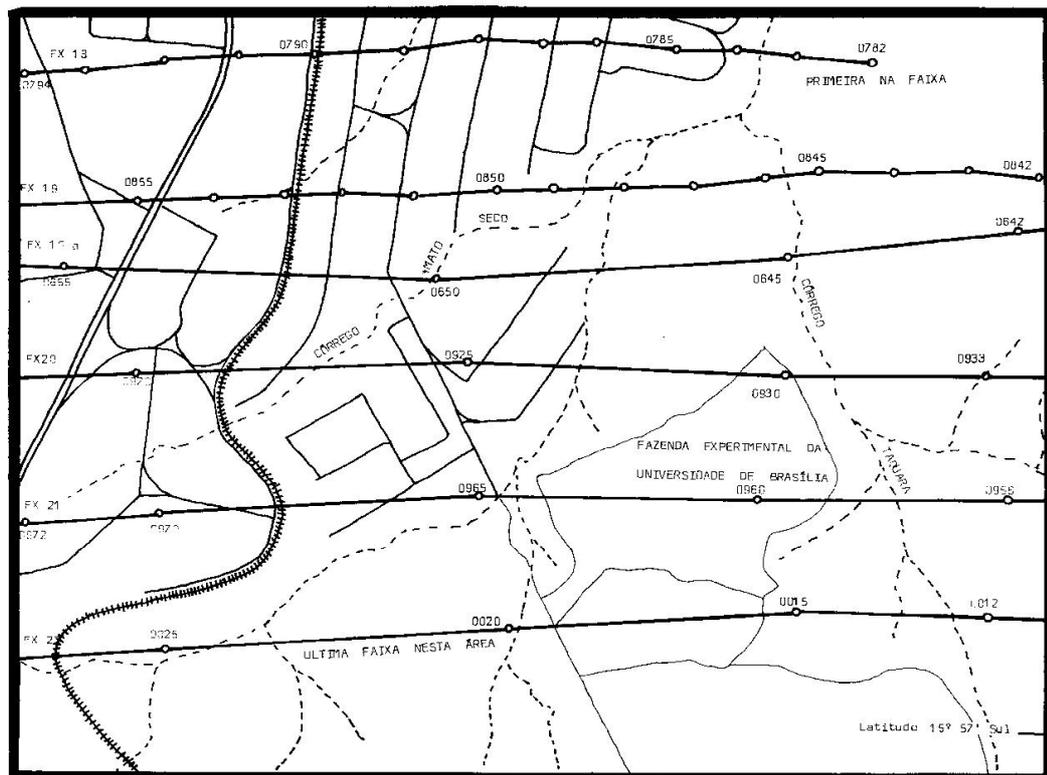


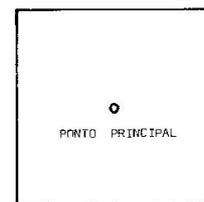
FIGURA 5.8 – Um fotoíndice de margens da área de Brasília, voo do ano 1966

5.5. OBSERVAÇÃO DE FOTOGRAFIAS AÉREAS ISOLADAS :

Por enquanto, só estamos estudando fotografias isoladas, soltas. Uma sugestão feita por Strandberg (1967) é a de que, quando se está estudando uma fotografia isolada, é bom fechar um dos olhos e observá-la assim, só com o outro olho. É como se estivéssemos colocando o olho na mesma posição da câmara no avião quando a fotografia foi tirada. Isto é para ajudar a não nos enganarmos com os aspectos da terceira dimensão, pois a fotografia sem par, que estamos observando, é realmente uma superfície lisa e plana.



FOTOGRAFIAS AÉREAS DA COEPLAN
 VÔO Nov/Dez 1977 e Mar/Abr 1978
 ESCALA DAS FOTOGRAFIAS 1: 8000
 ESCALA DO FOTOÍNDICE 1:



TAMANHO DE UMA FOTO
 COMO ESCALA DESTA FOTOÍNDICE

FIGURA 5.9 – Um fotoíndice de pontos principais, da área de Brasília, vôo do ano 1977/78

5.6. ESTEREOSCÓPIOS

5.6.1. Estereoscópio de lentes simples

Esse é o nome correto de um aparelho pequeno, dotado de duas lentes uma para cada olho. Comumente, ele é chamado “estereoscópio de bolso”; esta denominação advém da característica que alguns modelos têm de permitir que seus suportes sejam dobráveis, cabendo num bolso qualquer.

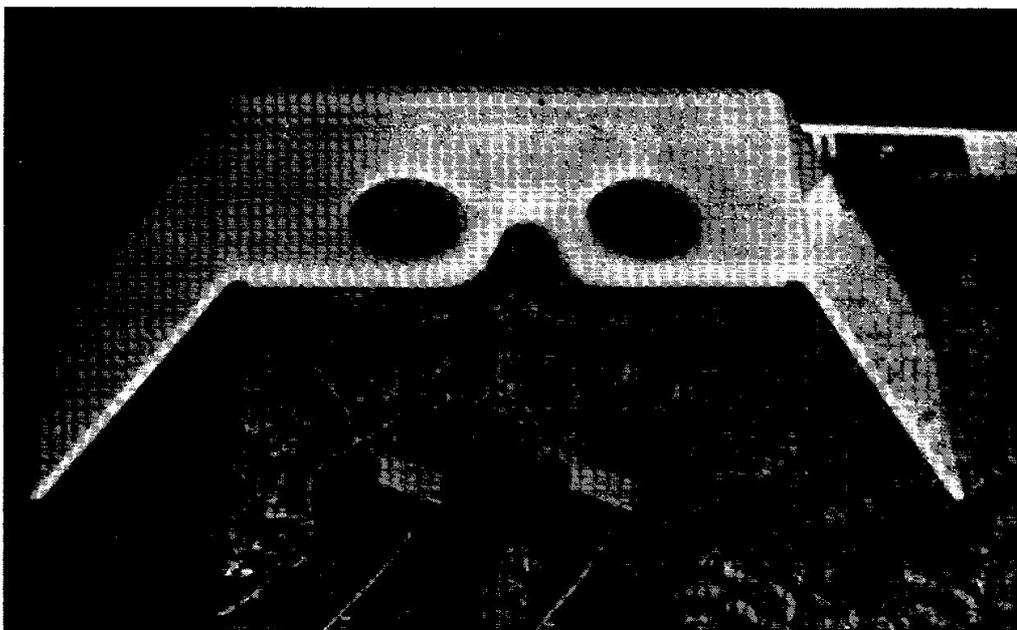


FIGURA 5.10 – Estereoscópio de lentes simples (fabricado por P.S. Anderson)

Os estereoscópios de lentes simples, de uma maneira geral, têm, aproximadamente, uma distância focal igual a 12cm, e um aumento ótico de 2,2 vezes. Contudo eles oferecem a desvantagem de serem incômodos para a confecção de desenhos e iluminação das fotos. O ajuste móvel para a distância interpupilar é comum nesses modelos, porém não absolutamente essencial. A Companhia Zeiss e outras produzem milhares de unidades com distância interpupilar fixa, as quais são simples e de baixo custo (Figura 5.10). A única precaução exigida para o manuseio desses tipos é a de evitar a visão divergente ou muito convergente por períodos extensos. Contudo, este aspecto é controlado muito mais pela separação das fotografias do que pela separação interpupilar fornecida pelo estereoscópio.

Finalmente, a principal desvantagem do estereoscópio de lentes é a de que, no manuseio de fotografias de tamanho 18 x 18cm ou 23 x 23cm, há superposição parcial das fotos (veja o Item 5.7.3). A fim de eliminar esta deficiência é que foi desenvolvido o *estereoscópio de espelhos*.

5.6.2. Estereoscópio de espelhos

O estereoscópio de espelhos (Figura 5.11) desvia os raios óticos por meio de espelhos (ou prismas), aumentando a separação entre as linhas de visão. Assim, é possível ver todo o modelo tridimensional (60% de recobrimento) sem superposição das fotos. Isto permite uma melhor fixação das mesmas na mesa de trabalho.

As desvantagens do estereoscópio de espelho são seu custo (em torno de US\$ 1.000,00 dependendo do modelo, marca e equipamentos opcionais) e tamanho (o que dificulta o manuseio no campo). Entretanto, no gabinete, é o aparelho primordial do fotointérprete. Sem as binoculares, a visão obtida através do estereoscópio de espelho é ampla, de todo o modelo, porém com um fator de *redução* de tamanho de aproximadamente 0,8. Alguns modelos possuem pequenas lentes extras que ampliam um pouco a visão. As binoculares dos estereoscópios de espelhos ampliam de 3 a 8 vezes as imagens, permitindo a análise dos mínimos detalhes, mas, contudo, com um campo de visão muito menor. Um fotointérprete realiza melhor e mais rapidamente o seu trabalho quando sabe aproveitar todos os recursos do estereoscópio.

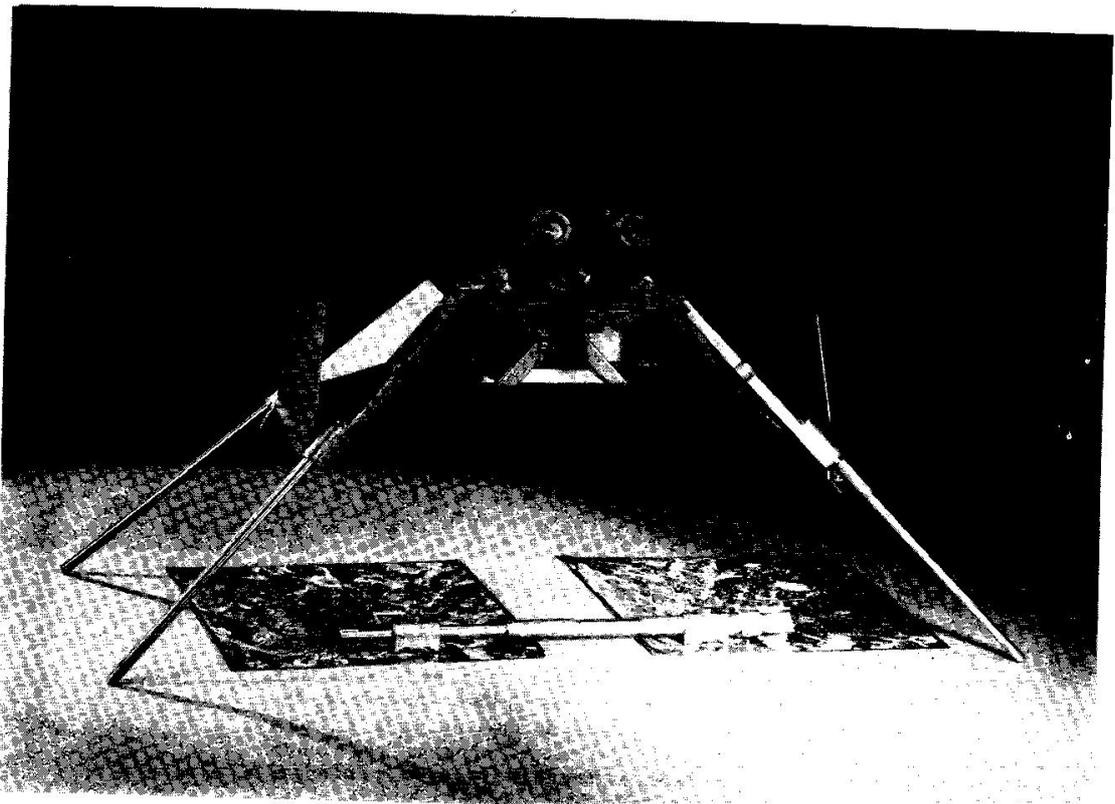


FIGURA 5.11 – Estereoscópio de espelho com barra de paralaxe (marca Wild, indústria alemã)

As linhas de visão paralelas definem a base instrumental de um estereoscópio de espelho, ou seja, a distância máxima entre os pontos homólogos de objetos fotografados. O processo de medição dessa base instrumental está descrito no segundo livro dessa série, intitulado *Técnicas para Fotointerpretação*.

5.6.3. Visão estereoscópica sem ajuda de estereoscópio

Algumas pessoas conseguem ver fotos estereoscopicamente sem auxílio de qualquer aparelho. O treinamento exigido para isso consiste em ver de perto um estereograma, utilizando uma folha de papel (ou a própria mão) como divisor entre as imagens homólogas. Para se obter resultados satisfatórios é preciso concentração, olhos descansados (o que se consegue vendo o infinito), e exercitação com a distância de observação, para que as imagens permaneçam focalizadas depois da fusão. As pessoas míopes têm uma vantagem, porque podem tirar seus óculos e ainda focar objetos localizados a distâncias de observação pequenas. Também podem praticar e obter a visão paralela mesmo a distâncias muito curtas de observação, através do exercício da "lingüiça flutuante", o qual se faz com os dedos indicadores horizontalmente opostos, tal como está mostrado na Figura 5.12. A "lingüiça" é formada pelas imagens das pontas dos dedos, a do dedo direito no olho direito e a

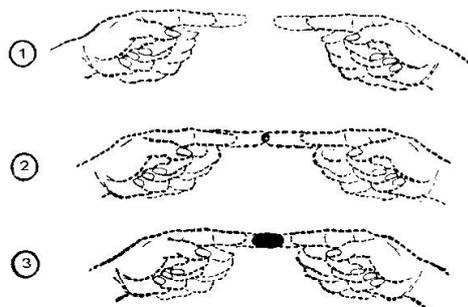


FIGURA 5.12 — O exercício da "lingüiça" dos dedos, usado para desenvolver a visão estereoscópica sem o uso de um estereoscópio. (Cortesia do US Department of Defense.)

do dedo esquerdo no olho esquerdo. As imagens se "superpõem" na fusão mental. Separando as mãos lentamente a visão torna-se menos convergente, até se tornar paralela. Porém, poucas pessoas fariam um trabalho sério sem o apoio de um estereoscópio.

Os estereoscópios são aparelhos que facilitam a visão estereoscópica. Eles permitem também a ampliação ótica, que possibilita melhor percepção dos detalhes nas fotografias.

5.7. ORIENTAÇÃO DE FOTOGRAFIAS AÉREAS PARA OBSERVAÇÃO ESTEREOSCÓPICA

5.7.1. Introdução.

Sabemos, dos parágrafos anteriores, que, para termos visão estereoscópica, precisamos reconstruir em nossos olhos as posições das câmaras aéreas (a posição do gigante da Figura 5.1). Isto chama-se *alinhamento* ou orientação das fotos para observação estereoscópica, item do qual examinaremos agora três casos. O mais simples é aquele em que temos um par de fotos (ou imagens homólogas) pré-fixadas (ou já montadas) em posições corretas, sobre o qual somente precisamos colocar o estereoscópio à frente dos nossos olhos para a observação. Os testes de visão estereoscópica são exemplos deste primeiro caso (veja a Figura 5.13), assim como qualquer tipo de estereograma (veja a Figura 2.3).

Um estereograma consiste de imagens homólogas montadas de forma correta para a visão estereoscópica, separadas de um segmento de tamanho igual à distância

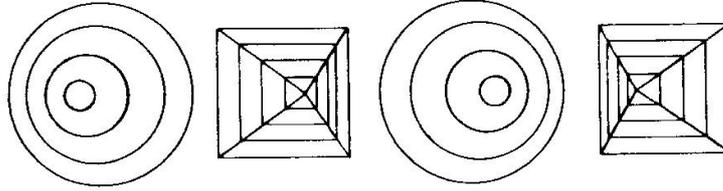


FIGURA 5.13a. — Teste de visão estereoscópica com separações entre pontos homólogos de 51 mm até 65 mm

| | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| I | I |
| B S I B H K L Y E F X O B V I T A H O | B S I B H K L Y E F X O B V I T A H O |
| T K P L A T R X A Q B O É L N Y S J E | T K P L A T R X A Q B O É L N Y S J E |
| V M A R T O L U N I K S F A R S U I F | V M A R T O L U N I K S F A R S U I F |
| O A L K T G H V E O Q C F Ê L X B C H | O A L K T G H V E O Q C F Ê L X B C H |
| E D L I S T M O C H G A L I B E R Q J | E D L I S T M O C H G A L I B E R Q J |
| Z C T O Q N U S L E S G H U F I B U K | Z C T O Q N U S L E S G H U F I B U K |
| Y T R I C K V E L S M E R G U T O O P | Y T R I C K V E L S M E R G U T O O P |
| L X U L I G K A V O E Y R T H E C F S | L X U L I G K A V O E Y R T H E C F S |
| I S I R O R L U M E N S C A S G A X T | I S I R O R L U M E N S C A S G A X T |
| G A R V K S O O E L M T U G F X O N H | G A R V K S O O E L M T U G F X O N H |
| K Y E R V I S G U A L M A J E I S F | K Y E R V I S G U A L M A J E I S F |
| S U T L E I R Q C A E K I V R P A K M | S U T L E I R Q C A E K I V R P A K M |
| V Q U R A C A R C H I B A N K S E N F | V Q U R A C A R C H I B A N K S E N F |
| W K D D I S M L E C N J S H ã I O B K | W K D D I S M L E C N J S H ã I O B K |
| V C F H L J Y R Z L O I B K S M U W D | V C F H L J Y R Z L O I B K S M U W D |

FIGURA 5.13b. — As letras têm uma mensagem em terceira dimensão

FIGURA 5.13 — Dois testes de visão estereoscópica

interpupilar do observador. Em geral, para ser utilizado por um maior número de leitores, ele é construído com uma separação de, aproximadamente, 60 milímetros.

Para a colocação de um estereoscópio de bolso sobre um estereograma (veja a Figura 5.14), é necessário que o estereoscópio esteja calibrado para a distância interpupilar do observador, e que cada olho e cada lente estejam diretamente acima das imagens homólogas. Quando temos um estereograma nesta posição, é possível que um pequeno ajuste no estereoscópio (rotação) seja necessário para que a imagem vista por um olho não fique mais “elevada”, no sentido do eixo Y, do que a imagem do outro olho. Algumas vezes, a mudança precisa ser feita na posição da cabeça do observador, pois, girando-a um pouco, ele notará que as imagens se deslocam no sentido do eixo Y. Todo esse processo consiste no alinhamento dos olhos, das lentes do estereoscópio e das imagens homólogas numa única linha paralela ao eixo X do estereograma. Este processo é indispensável, e é algo que faremos sempre para qualquer tipo de alinhamento de fotografias aéreas, como veremos noutros parágrafos.

Com um correto alinhamento em relação ao eixo X, cada olho vê uma imagem ligeiramente diferente. Quando piscamos os olhos um de cada vez, podemos ver o mesmo objeto (por exemplo, um prédio no estereograma, ou uma letra no teste de visão estereoscópica), particularmente, com cada olho. Queremos que essas imagens (uma em cada olho) coincidam, ou seja, fiquem sobrepostas. Quando o leitor estiver estudando um estereograma, ele poderá “avistar” o que aparece com 3 imagens: a da esquerda e a da direita, enxergadas com os olhos correspondentes, mais a imagem mental, que está no meio. Neste caso, deverá concentrar-se na do meio e não olhar as laterais. Quando os objetos, nessa imagem central, unirem-se, se

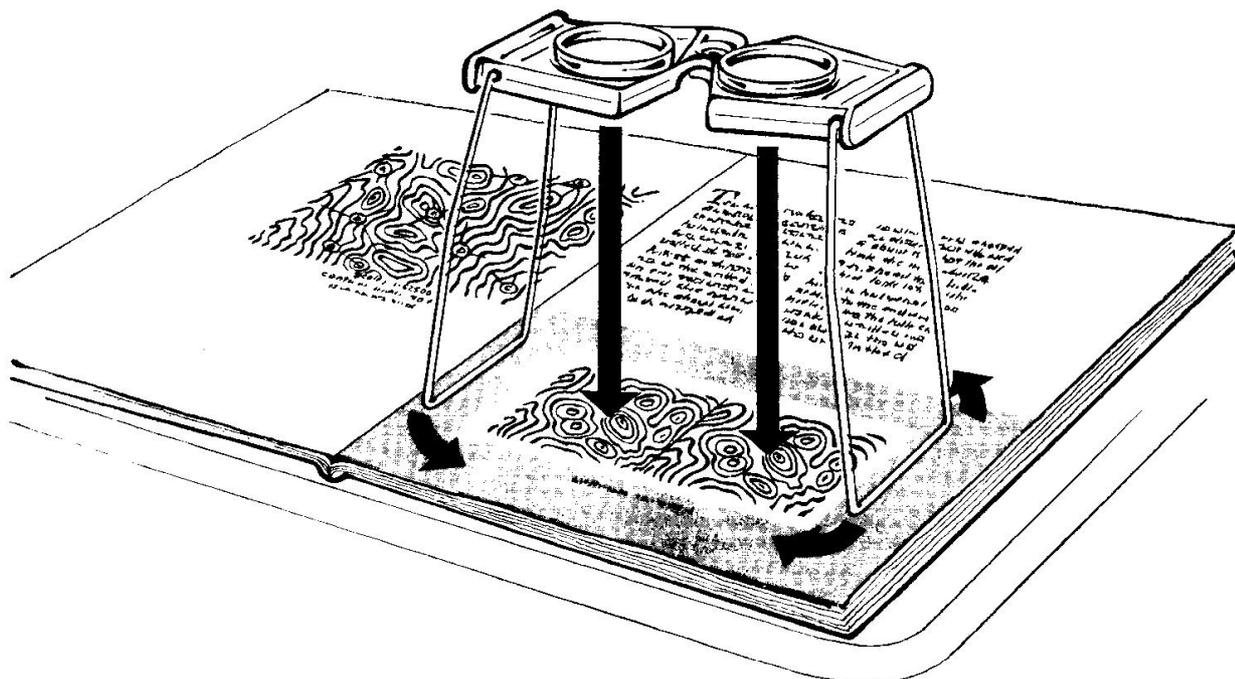


FIGURA 5.14 – Uso de um estereoscópio de bolso para ver um estereograma em terceira dimensão (Fonte: MacMahan, 1972)

colocarem um em cima do outro, conseguir-se-á ver em terceira dimensão. Para muitas pessoas, esse processo é fácil. Se o leitor tiver dificuldade em obter a imagem estereoscópica, deverá procurar um professor para auxiliá-lo. Ele poderá utilizar vários métodos, como por exemplo, colocar um dedo em cima de cada imagem homóloga e pedir ao observador que, vendo através do estereoscópio, faça estes dois dedos coincidirem. Separando lentamente os dedos a visão se tornará paralela, e isto é necessário para a percepção do estereograma em terceira dimensão. Você mesmo

poderá praticar essa técnica, começando com os seus dois dedos indicadores afastados um do outro por um intervalo menor do que a distância de separação dos pontos homólogos das fotografias, e, vagarosamente, ir afastando-os, até fazê-los coincidir com as respectivas imagens homólogas do estereograma. Um pouco de paciência e dedicação para realizar esta tarefa ajudarão aos que têm problemas em conseguir a fusão mental estereoscópica. Outra sugestão é descansar os olhos, através da observação de objetos distantes. (50 metros ou mais) e, em seguida, procurar ver o estereograma. Uma outra ajuda é erguer a cabeça um pouco acima do estereoscópio.

5.7.2. Alinhamento para a visão com um estereoscópio de espelho (veja a Figura 5.15)

Para entender o alinhamento (“orientação”) das fotografias aéreas, é mais fácil pensar na situação de um estereoscópio de espelho, ou qualquer outro instrumento fotogramétrico que possua uma base de separação entre fotografias aéreas maior do que 15 centímetros. A importância dessa base de separação é que podemos ver todo o modelo estereoscópico sem ter uma fotografia sobreposta à outra. (As fotografias geralmente medem 23 por 23 centímetros; contudo, o recobrimento fotográfico é de 60% — na maioria dos casos —, ou seja, 14 centímetros. Examinaremos a situação do estereoscópio de bolso num parágrafo posterior).

O importante, no alinhamento de duas fotografias aéreas, é o recobrimento fotográfico das zonas de interesse, para que se possa ter pontos homólogos para a visão estereoscópica. Também importante é a reconstrução da linha de vôo. A linha de vôo precisa coincidir paralelamente com a linha que une os nossos olhos. Ela é materializada assinalando-se inicialmente, em cada fotografia, o ponto principal, o qual é identificado pelas marcas fiduciais que estão nas margens (veja a Figura 5.15). (No Item 6.8 estão tratadas as maneiras de marcação desses pontos).

As marcações dos pontos principais devem ser realizadas com um lápis dermatográfico (lápis-cera), se estamos usando cópias fotográficas; e com um lápis comum, se estamos usando cópias de fotografias produzidas por impressão. (O uso de um alfinete para fazer marcações muito finas e precisas está discutido no segundo livro dessa série, *Técnicas para Fotointerpretação*). Com os pontos principais marcados nas duas fotografias do par, procuramos, em cada fotografia, as áreas nas quais o ponto principal da outra fotografia aparece. Este ponto homólogo pode ser marcado, grosseiramente, com um círculo de, aproximadamente, um centímetro de diâmetro. Esta marcação não é obrigatória, e depois de se possuir prática na orientação de fotografias aéreas, não será mais necessária. (A maneira de marcar e transferir o ponto principal à outra fotografia aérea, para identificar o seu homólogo, será abordada no Item 6.8.).

Com os pontos principais e os pontos principais conjugados (homólogos) assinalados nas fotografias, teremos quatro pontos (dois em cada fotografia), que podem ser unidos por uma linha reta; esta linha será a única que representará, de maneira correta, a linha do vôo. A sua exatidão dependerá do cuidado na marcação desses quatro pontos, tarefa sumamente importante em trabalhos de precisão, como, por exemplo, na medição da altura de árvores e colinas. Quando queremos somente uma orientação geral para uma rápida olhada estereoscópica, o alinhamento pode ser mais rústico. É notável que a marcação da linha de vôo independe das marcas e eixos fiduciais.

Somente após ter as respectivas linhas de vôo construídas, é que podemos separar as fotografias aéreas, segundo um eixo de orientação contínuo de uma a outra fotografia, afastando-as de um intervalo equivalente à distância-base do instrumento, a qual varia de um modelo para outro. Devemos lembrar que essa distância-base não será medida nem entre as margens das fotografias nem entre os seus pontos principais. O procedimento correto é a separação entre um ponto e seu respectivo homólogo; por exemplo, do ponto principal de uma foto até o seu homólogo (conjugado), que aparece na segunda fotografia aérea. Após, fixar as fotografias tal como se vê na Figura 5.15 d; então colocar o estereoscópio de espelho em cima.

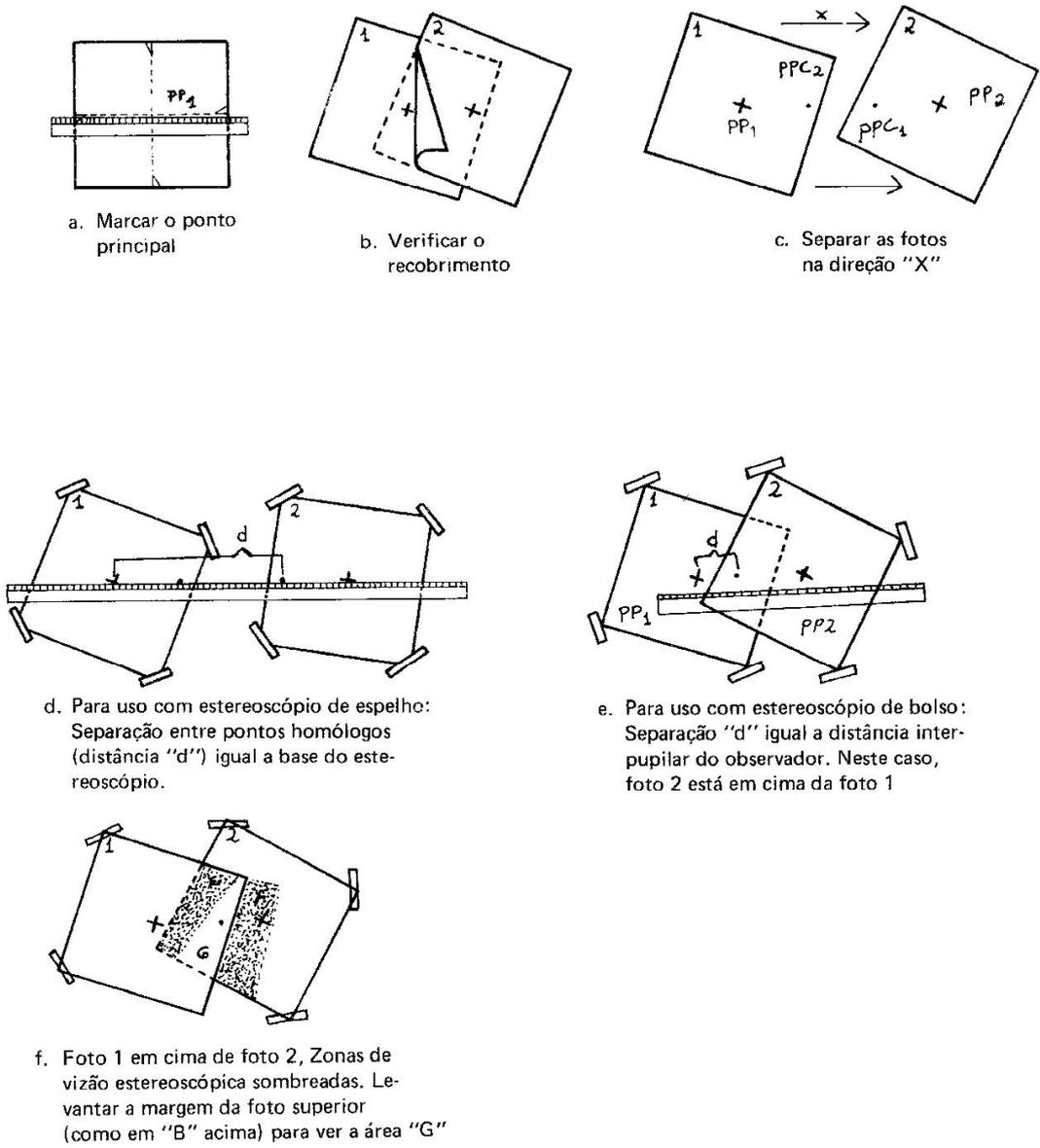


FIGURA 5.15 – Alinhamento de fotografias aéreas para visão estereoscópica. (Nota: Tem desvio exagerado)

5.7.3. Orientação para a visão com um estereoscópio de bolso.

Quando queremos ver as fotografias com o estereoscópio de bolso, repetimos exatamente o procedimento indicado no alinhamento para estereoscópio de espelho, notando, porém, que a separação entre os pontos homólogos somente será equivalente à nossa distância interpupilar.

Com a utilização do estereoscópio de bolso, uma das fotografias aéreas fica embaixo da outra, e só podemos ver três dos quatro pontos selecionados para a orientação das fotografias, os quais são PP_1 e PPC_2 numa das fotografias, e PPC_1 e PP_2 na outra. Como isto acontece porque as fotografias são separadas segundo a distância interpupilar do observador (que varia, em média, entre 58 e 65mm), é aconselhável marcar, em cada fotografia, a extensão da linha de vôo até a margem lateral extrema da fotografia.

O processo de alinhamento ou orientação de um par de fotografias para visão com um estereoscópio de bolso, consiste em colocar todos os quatro pontos selecionados (PP_1 , PPC_2 , PPC_1 e PP_2) em uma linha, com uma separação entre dois homólogos, escolhidos entre os quatro já mencionados (PP_1 e PPC_2 ou PPC_1 e PP_2), equivalente à nossa distância interpupilar; obtido este alinhamento, fixamos as fotografias numa superfície de apoio (cartolina ou a própria mesa de trabalho), com fita adesiva colocada nos extremos opostos superior e inferior das respectivas fotografias. É importante observar que uma fotografia será colocada em cima da outra, alternadamente, conforme a faixa que desejamos ver estereoscopicamente. A cada observação, estaremos vendo apenas três dos quatro pontos selecionados, numa das seguintes combinações ordenadas:

$PP_1 - PPC_2 - PP_2$ (Fig. 5.15e) ou $PP_1 - PPC_1 - PP_2$ (Fig. 5.15f)

Nessas duas posições, teremos uma visão estereoscópica quase total da área de recobrimento daquele par fotográfico observado. Somente uma pequena faixa não será visível em três dimensões. Para se conseguir total visão estereoscópica da área de recobrimento daquele par de fotografias observado, é preciso suspender, manual e cuidadosamente, a fotografia superior, sem vincá-la demais, para ver os pontos homólogos das imagens, os quais estavam cobertos antes dessa operação.

Na orientação de fotografias, lembramos que as sombras dos objetos visíveis deverão estar voltadas para a direção do observador. O alinhamento correto das fotografias aéreas faz-se juntando exatamente as duas linhas de vôo das fotografias aéreas respectivas. Somente com esse posicionamento e essa orientação é que é possível diminuir, ou, até mesmo, eliminar o cansaço dos olhos, e também fazer medições corretas. É importantíssimo, para qualquer pessoa que esteja aprendendo fotointerpretação, lembrar dos princípios do alinhamento das fotografias aéreas. Um erro fundamental é o de não ter as linhas de vôo das duas fotografias exatamente posicionadas. Os olhos humanos podem acomodar-se bem a um mau alinhamento, como você poderá notar ao utilizar o estereoscópio, puxando lentamente uma das fotografias para fora da orientação correta. Para fazer isto, você precisará de fotografias soltas, não fixadas uma a outra, como não é o caso do estereograma.

Mesmo que o mau alinhamento pareça ter pouca importância, pode causar dois prejuízos sérios:

1. Os olhos se cansam mais rapidamente e podem ser danificados, depois de muito abuso;
2. Não será possível obter medidas de alturas com precisão.

5.8. PSEUDOESTEREOSCOPIA, ESTEREOSCOPIA, IMAGEM PLANA E EXAGERO VERTICAL

A Figura 5.16 mostra três orientações diferentes para a visão estereoscópica de uma mesma pirâmide. É possível ver estereoscopicamente essa Figura.

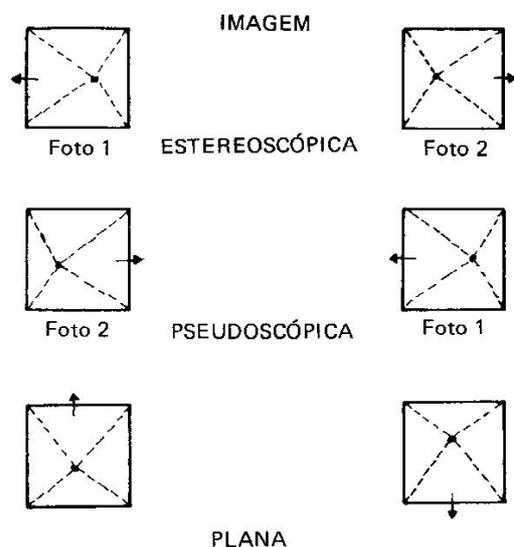


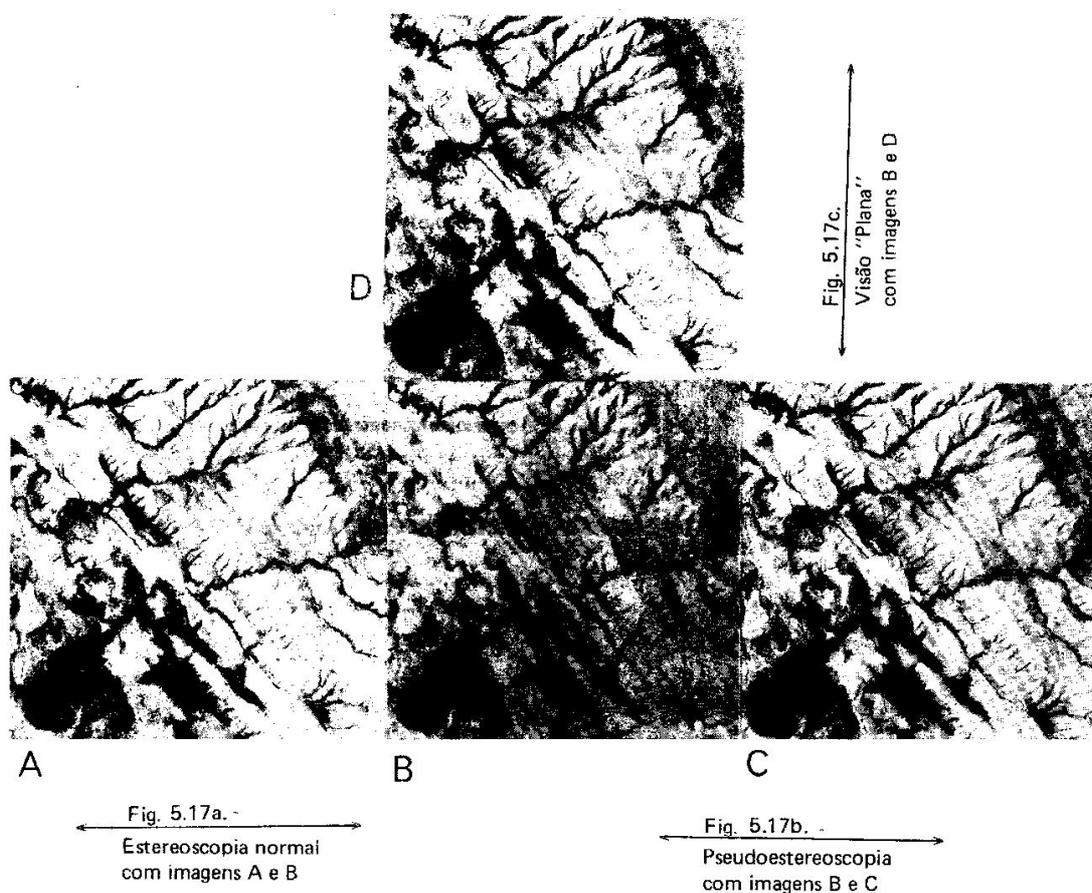
FIGURA 5.16 – Três estereogramas diagramáticos mostrando as orientações básicas de um par de imagens. (As setas indicam a direção ao ponto principal em cada imagem)

Como é visível na Figura 5.16 a, os pontos elevados têm seus respectivos homólogos mais próximos um do outro (a explicação teórica deste fenômeno está no Capítulo 8). Isto também se vê na Figura 5.17 a, e é um aspecto da visão estereoscópica normal.

Quando fazemos uma orientação invertida das fotografias aéreas (fotografia da direita colocada do lado esquerdo, e vice-versa), por acidente ou mesmo de propósito, conseguimos a inversão do relevo. A esse fenômeno chamamos de *pseudoestereoscopia* (veja as Figuras 5.16 b e 5.17 b), no qual os pontos elevados, cujos homólogos normalmente ficam mais próximos, estão mais afastados com a troca das posições das fotografias, oferecendo, em consequência, uma imagem invertida. A pseudoestereoscopia não tem muita utilidade. Às vezes, os geólogos, a usam para acentuar drenagem, especialmente em zonas sem florestas. Mas, a pseudoestereoscopia é contrária à visão normal, ao nosso entendimento normal de elevações e profundidades no meio-ambiente, e tende a confundir o fotointérprete.

Outra forma de orientação incorreta das fotografias ocorre quando uma das fotos está deslocada em relação ao eixo Y, isto é, quando as linhas de vôo das duas fotografias (uma em cada) não coincidem sobre uma única reta, que é o eixo X. Isto resulta numa imagem plana, sem elevações, embora aparentemente as fotografias estejam corretamente alinhadas. Essa orientação "plana" de fotografias acontece quando, depois de se colocar as fotografias uma sobre a outra para verificar o recobrimento, não se observa as posições dos dois pontos principais e dos dois pontos principais conjugados, fazendo-se a separação na direção que, realmente, é do eixo Y, em vez de fazê-la na direção do eixo X. As Figuras 5.16 a e 5.17 c mostram essa maneira errada de alinhar fotografias.

A Figura 5.18 é um estereograma especial, elaborado para mostrar um fenômeno chamado *exagero vertical*. Devido às próprias características da tomada das fotografias aéreas, o modelo tridimensional normalmente apresenta um exagero na sua escala vertical. Este exagero, geralmente, é da ordem de duas a três vezes em relação à escala planimétrica. No segundo volume desta série faz-se uma apresentação mais técnica deste fenômeno, o qual ajuda muito na observação de variações de alturas no modelo estereoscópico.



Obs.: Imagens A, C e D são exatamente iguais (mesma foto); somente suas posições são diferentes em relação à imagem B.

FIGURA 5.17 — Três estereogramas fotográficos mostrando as orientações básicas de um par de imagens

5.9 Notas Sobre os Cuidados a Serem Tomados com os Olhos

5.9.1. Quando você estiver observando fotos aéreas, é bom lembrar que quer usar a visão paralela, ou até um pouco convergente, mas nunca divergente.

5.9.2. Se você usa óculos, utilize-os com o estereoscópio.

5.9.3. Sempre é preciso uma adaptação ao estereoscópio; a prática no seu manuseio é necessária; inicialmente, não é aconselhável seu uso por mais de meia hora de cada vez.

5.9.4. O melhor descanso para os olhos é a observação de objetos distantes, mantendo a visão paralela. (A matéria fotointerpretação é, talvez, a única em que se permite olhar pela janela durante as aulas práticas).

5.9.5. Caso se encontre muita dificuldade com a visão estereoscópica, é importante avisar disto ao professor, para que ele verifique se algo não está sendo feito incorretamente, o que pode, inclusive, provocar dor de cabeça ou desvios visuais.

5.9.6. Em algumas pessoas, os dois olhos não são iguais. Quando um olho é mais forte que o outro, ele tende a dominar a visão, sem que a pessoa se dê conta disso. Um recurso usado para controlar este defeito é fechar um pouco o olho mais forte,

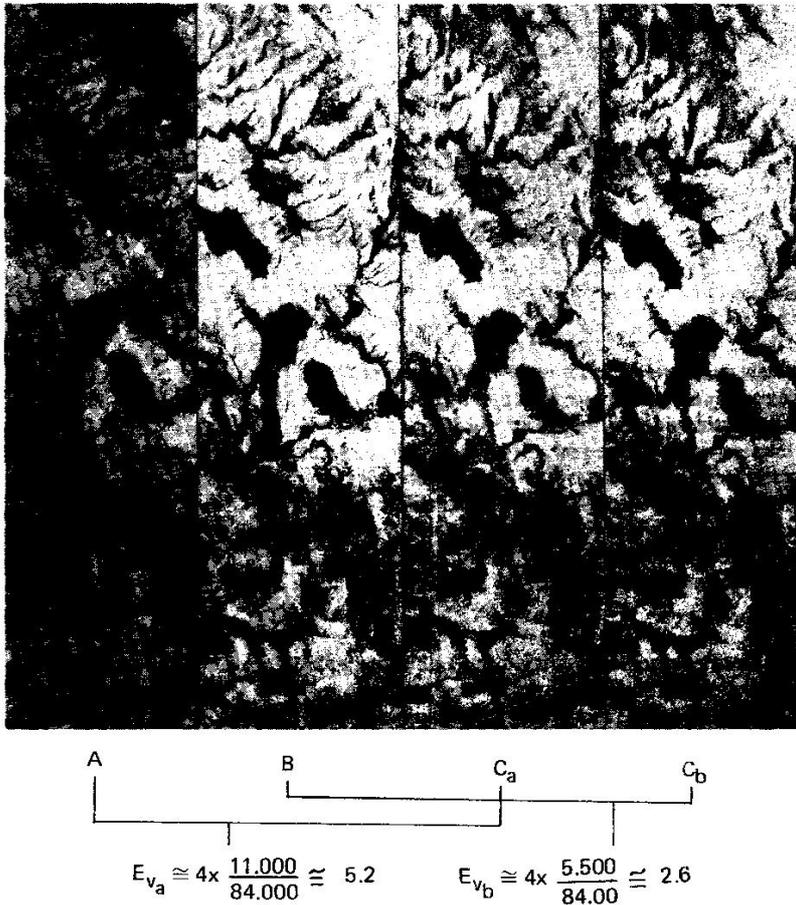


FIGURA 5.18 – Estereograma especial mostrando dois exa­geros verticais diferentes para uma mesma área. (Escala das fotos 1: 55.000 (aprox) (imagens C_a e C_b são idênticas, isto é, duas cópias da imagem da foto “c”.)

equilibrando, dessa maneira, a visão. É possível, até mesmo, fechar completamente o olho mais forte por alguns instantes, para se ter certeza de que a imagem do olho fraco está sendo recebida. Também, às vezes, quando os olhos são iguais, as fotografias aéreas não são. Ou ainda, pode acontecer que uma fotografia esteja coberta por um “overlay” de papel semi-transparente; neste caso, é também aconselhável fechar um pouco o olho que está dominando a visão.

5.9.7. É bom praticar piscando lentamente ambos os olhos independentemente, para que possamos ver diferenças entre as imagens das fotografias aéreas, e, também, verificar se estamos vendo imagens corretamente posicionadas.

5.9.8. Nunca será demasiado lembrar a necessidade de uma boa iluminação das fotografias aéreas sob o estereoscópio. Desta iluminação, de fato, depende em grande parte uma boa visão tridimensional. Na presença de uma iluminação fraca, as pupilas dos olhos devem dilatar-se para fazer entrar a maior quantidade possível de luz disponível; com as pupilas dilatadas, muitos dos efeitos visuais, em maior ou menor intensidade, reduzirão de muito a acuidade estereoscópica. Além disso, muitos detalhes fotográficos, amiúde perceptíveis somente devido a ligeiras mudanças de tonalidade, podem ser distinguidos, sobretudo, com uma iluminação boa e uniforme das fotos. A iluminação mais aconselhável é a fornecida pelas lâmpadas fluorescentes ajustáveis, que apresentam ainda a vantagem de produzir luz fria, não deformando, portanto, as fotografias com o seu calor; por conseguinte, estas podem permanecer perfeitamente distendidas sobre o plano da mesa.

5.10. ESTEREOSCÓPIOS PARA DUAS PESSOAS

Um aparelho muito útil, na aprendizagem da fotointerpretação, é o estereoscópio dual (Figura 5.19). Esse tipo de estereoscópio permite que duas pessoas possam observar, ao mesmo tempo, um par de fotografias aéreas. Existem, pelo menos, três fabricantes deste tipo de aparelho, com preços que variam entre 2.600 e 9.000 dólares. A grande vantagem desse aparelho é que, como foi dito acima, duas pessoas podem simultaneamente, ver, marcar e interpretar um mesmo par de fotografias aéreas. O estereoscópio dual é um aparelho muito útil no treinamento de fotointérpretes novatos, com um observador sendo o instrutor e o outro o aluno.

A parte ótica desses aparelhos é bastante complexa, pois cada um dos observadores possui independentes movimentos das binoculares tanto nos movimentos na direção do eixo X, como na do eixo Y. Também, eles possuem correções independentes da paralaxe em Y, a qual deve ser evitada, sempre que possível.

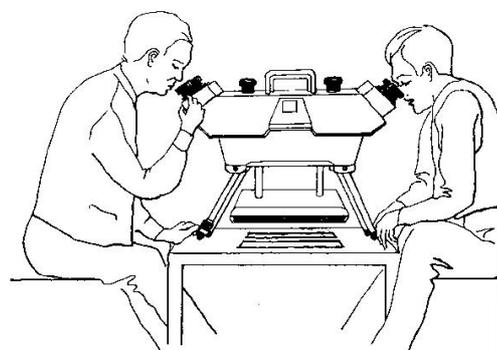
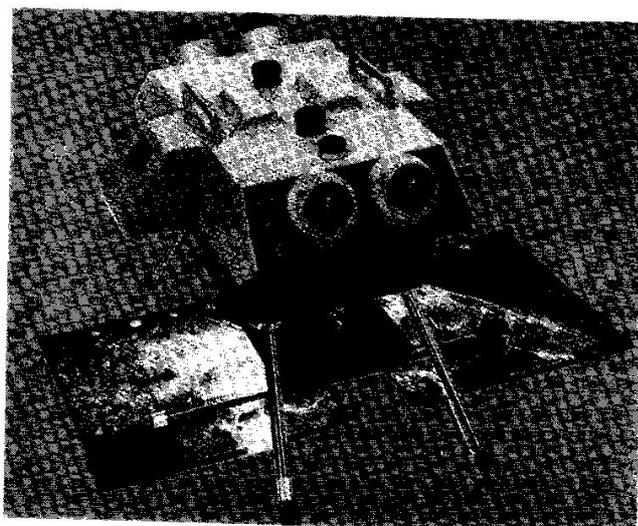


FIGURA 5.19 – Dois tipos de estereoscópio dual (marcas Wild e Condor)