

Aparelho de Ensino da Fotogrametria *

ANDRÉ LIBAULT

PORQUE CONCEBER ESTE APARELHO

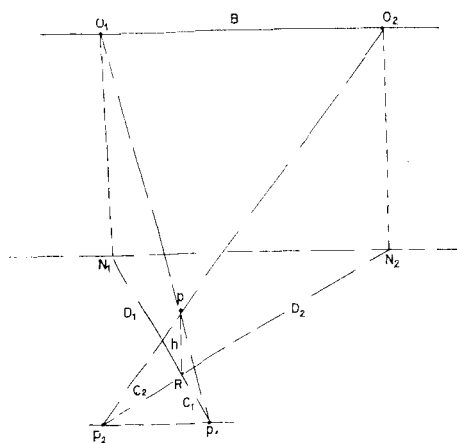
A experiência tem mostrado que a dificuldade inicial que possuem os estudantes é a de passar do espaço bidimensional das figuras planas ao espaço tridimensional da realidade. Todavia, tal compreensão é essencial para o conhecimento dos métodos fotogramétricos. Os aparelhos óticos restituem muito bem a imagem plástica, mas para seu estudo necessitamos da aplicação de princípios; não é possível passar ao ensino dos restituidores antes que as noções básicas sejam bem entendidas.

Foi por isto que nos pareceu necessário materializar no espaço a construção geométrica da imagem plástica a partir do par fotogramétrico. Utilizando as propriedades dos pontos nadirais torna-se fácil, ao mesmo tempo, marcar as linhas de projeção horizontal das linhas de visada, determinando a localização exata do ponto restituído.

Um aparelho completo de ensino primário da fotogrametria deverá, por conseguinte, reproduzir em três dimensões a figura básica em perspectiva, permitindo também modificar a posição relativa dos pontos p_1 , p_2 — imagens do mesmo ponto do espaço P sobre as duas fotografias.

Apenas um semelhante aparelho estará em condições de tornar evidente que o ponto da carta não é em p_1 nem em p_2 , mas em R. Fornecerá uma possibilidade concreta de medir as paralaxes tanto radiais como frontais. A noção de paralaxe é sempre mal compreendida ou mesmo ignorada pelos estudantes; somente sua concretização no espaço os levará a uma apreciação correta do seu papel na formação da imagem restituída. Dando a possibilidade de medir as paralaxes, o aparelho apresentará claramente as relações dos componentes com o afastamento do ponto nadiral e a altitude diferencial.

COMO FOI CONCEBIDO O APARELHO



O princípio básico do aparelho e a materialização das linhas de visada por meio de fios coloridos. A linha de vô é representada por uma régua horizontal perfurada; dois furos são escolhidos de tal maneira que sejam correspondentes aos dois pontos O_1 , O_2 a distância $O_1 O_2$ é regulada em função da distância da base do par fotográfico. Os furos permitem a passagem dos fios, um vermelho e um verde; estes devem ser conduzidos até aos pontos correspondentes de cada fotografia aérea. Utilizando a propriedade que os pontos p_1 e p_2 sempre ficam sobre uma paralela à linha de vô, os suportes de orientação dos

* Apresentado no II Simpósio sobre Fotografias Aéreas realizado na Guanabara, em Agosto de 1965.

fios são colocados sobre uma régua que corre segundo as ordenadas. Um dispositivo mecânico obriga a régua a permanecer no plano horizontal de base e paralela à linha de vôo. Em seguida desloca-se os apoios dos fios em relação aos pontos das fotografias aéreas. Como no estereoscópio de espelhos, foi adotado o princípio de dispor as fotografias à direita e à esquerda, cada uma distanciada da outra de um comprimento fixo igual ao Δ da montagem. Desta maneira, a prancha horizontal da base recebe uma linha inscrita exatamente paralela à linha de vôo, sendo uma parte vermelha e a outra verde; os dois pontos centrais das fotografias e os dois pontos imagens são situados sobre esta linha. Como a distância dos dois pontos nadirais corresponde à distância de base aumentada de Δ , o par estereoscópico é constituído corretamente. Os apoios (pontos p_1 e p_2 da figura) correspondentes às duas imagens do par postos em superposição, estão contidos num sistema de duas réguas móveis paralelamente à linha de vôo, cada régua leva uma referência de visada (cruz vermelha e cruz verde, ou melhor, pequenas lenticulas óticas); a distância entre a passagem do fio e a referência pode ser modificada, de modo a corresponder a Δ .

Por outro lado, a placa horizontal é munida de furos correspondentes aos furos da régua-linha de vôo; os furos da placa são escolhidos em correspondência vertical aos furos O^1 e O^2 , de modo a materializar os pontos N^1 e N^2 . Assim o trajeto do fio verde é $O_1 p_1 N_1$, o trajeto do fio vermelho $O_2 p_2 N_2$. Um sistema elástico mantém a tensão dos fios constante. As réguas são elaboradas em plástico transparente e asseguram a visão permanente das fotografias e dos fios.

COMO UTILIZAR O APARELHO

As primeiras demonstrações devem ser feitas sem o par fotográfico, referindo-se somente à posição no espaço e no plano. Elas permitirão tirar tôdas as variáveis características de uma tomada de foto. Conhecemos o valor:

$$N_1 O_1 = N_2 O_2 = H \text{ (altura de vôo)}$$

é fácil medir os valores

$$p_1 p_2 \equiv p; R p_1 C_1; RN_1 = D_1; R p_2 = C_2; RN_2 = D_2; RP = h$$

e depois verificar as relações essenciais

$$h = \frac{H C_1}{D_1 + C_1} = \frac{H C_2}{D_2 + C_2} = \frac{H p}{B + p}$$

e suas conseqüências

$$\frac{C_1}{p} = \frac{D_1 + C_1}{B + p}; \quad \frac{C_2}{p} = \frac{D_2 + C_2}{B + p}$$

É possível passar uma régua dividida (delgada) embaixo do sistema móvel, medindo diretamente o comprimento $D + C (= Np)$. Inversamente vamos deduzir o valor de p correspondente a um valor de h , comprovando que êle depende unicamente de h , mas varia de forma não linear

$$p = \frac{B h}{h + H}$$

Ao mesmo tempo, verificamos que uma diferença sobre a altura H reflete-se linearmente sobre a escala das altitudes (e porque no protótipo não julgamos necessário prever a deslocação vertical da régua dos $O_1 O_2$).

Em seguida, mostrar-se-á como transportar as variáveis sobre um par real, com a colocação inicial e pela comparação das medidas. Precisa-se, inicialmente, dispor de um par isento da deriva e da inclinação (tilt), com as coordenadas calculadas. A colocação das duas fotografias é feita em função da base B calculada, e da altura de vôo deduzida da escala real e da focal da câmara.

Para uma melhor compreensão, pareceu-nos preferível operar, inicialmente, sobre um par experimental. Para isso foi construído um relêvo, na escala 1:10 000, representando o pico do Jaraguá. Um par de fotografias deste relêvo reduzido foi realizado, proporcionando uma superestereoscopia (visível também sob estereoscópio de espelhos), de tal modo que podemos apresentar aos estudantes, simultaneamente, o esquema geométrico das visadas, a imagem plástica e o relêvo tridimensional. Este par ideal oferece um ótimo material de demonstração.

O método de usar o aparelho é muito simples. Localizando um ponto do espaço por seus "contrastes" (ponto bem visível sobre a fotografia) no par fotográfico, desloca-se a régua geral até a linha das referências coincidir com os contrastes. A operação torna-se fácil, pois as linhas horizontais, verde e vermelha, têm muitos centímetros de comprimento. Em seguida faz-se correr as régua com os apoios dos fios para assegurar a perfeita coincidência das referências com os contrastes. Por construção, os fios ocupam agora o lugar exato das linhas óticas do espaço. Fechando uma das vistas e colocando a outra exatamente sobre a linha vertical RP poderemos verificar a propriedade dos pontos nadirais com verticalidade dos planos, o Np , medir as paralaxes, etc.

A seqüência do desenvolvimento do ensino comporta na montagem de um par real, sem distorção; em todo caso é possível regular o aparelho para utilizar um par bastante distorcido, corrigindo a deriva pelo alinhamento dos pontos nadirais. Podemos constatar as conseqüências da inclinação, refazendo os cálculos de paralaxes e altitudes bem apoiadas sobre coordenadas. A precisão das medidas é suficiente para tornar sensível as diferenças.

COMO EXECUTAR UMA RESTITUIÇÃO GRÁFICA

Naturalmente bastaria dispor uma folha de papel sobre a placa de base e traçar o cruzamento R dos dois fios para obter o desenho do mapa restituído. Mas a disposição das régua e dos fios não permite facilmente esta operação. Pareceu-nos melhor deslocar o ponto R de uma quantidade fixa, que permitirá trabalhar com liberdade total. Um dispositivo auxiliar muito simples realiza esta translação geométrica; pode ser colocado em poucos minutos, quando os estudantes estiverem bem familiarizados com o aparelho. Não foi prevista uma transformação de escala, desta maneira o mapa resultante terá a escala exata do par fotográfico. Para o trabalho de pesquisa não é um inconveniente obter-se escalas ligeiramente diferentes da escala nominal; somente é necessário calcular aquela escala real, com exatidão. Por outro lado, atualmente, todos os laboratórios de geografia estão aparelhados para uma transformação fotográfica de escala.

Ao fazermos p fixo, vamos também fixar a altitude h , e a fórmula acima descrita permitirá determinar cada valor de p correspondente a um valor de h . Um parafuso permite tornar fixa a paralaxe frontal, isto é, impedir o movimento relativo das duas régua das abcissas. Deslocando o sistema de ambas as régua, em x e y , de modo a manter as referências sobre os contrastes correspondentes do par fotográfico, obteremos os pontos sucessivos de uma curva de nível.

Desta forma, o aparelho fornece a possibilidade de conceber trabalhos práticos, para preparar os estudantes em todas as operações da restituição fotogramétrica, permitindo passar com eficiência aos aparelhos mais complexos utilizados pelos profissionais.