

CONSIDERAÇÕES SÔBRE O LEVANTAMENTO DE ÁREAS EXTENSAS PELA FOTOGRAMETRIA AÉREA

Por Ferdinando Bianchi

A aerofotogrametria, destinada a reduzir o custo das cartas topográficas e corográficas e apressar-lhes o preparo, não tem desempenhado essas funções no Brasil. Os Estados de São Paulo e Minas Gerais continuam a nos fornecer mapas, em cujos levantamentos não há auxílio do avião, e as repartições federais que usam os modernos métodos aerofotogramétricos só os têm aplicado com relativamente pequena frequência e elevado custo. É evidente que alguma falha de técnica ou de organização deve aí preponderar.

Desde há muitos anos, tenho trocado idéias com o engenheiro FERDINANDO BIANCHI sôbre essas falhas, sendo nossa opinião que os levantamentos topo e corográficos devem ficar a cargo de empresas de organização comercial, que usem métodos de precisão variada, aplicáveis segundo o valor econômico da região a levantar, salvo casos de interesse militar ou de saúde pública.

É, pois, com excepcional satisfação que recomendo a todos aqueles que se interessam pelo desenvolvimento da aerofotogrametria no Brasil a leitura do artigo com que o engenheiro BIANCHI enriquece às páginas desta REVISTA. É ele escrito por um técnico, cuja grande autoridade no assunto advém dos seus acatados conhecimentos teóricos e, sobretudo, do fato de ter executado no país, com êxito, levantamentos aerofotogramétricos de caráter comercial com emprêgo dos mais modernos métodos.

ADIR GUIMARÃES, major.

Extensas áreas da América do Sul carecem ainda de levantamentos satisfatórios. Até os mapas em escalas mínimas, como, por exemplo, o mapa ao milionésimo, encontram-se em muitas zonas ainda num estado bastante problemático e incompleto.

Tratando-se, em geral, nessas zonas de áreas pouco cultivadas e povoadas, de valor e arrecadação de impostos mínimos, é lógico que ninguém — exceptuando-se casos especiais — pode assumir o risco de empatar importâncias maiores, no momento, para o levantamento, mesmo reconhecendo perfeitamente que isso seja o primeiro e indispensável passo para o descobrimento das riquezas da região e o desenvolvimento da mesma.

Nessas circunstâncias, o primeiro reconhecimento topográfico da região deverá ser feito na forma mais econômica possível, deixando-se a parte que exija maior rigor, visto que a primeira finalidade será o reconhecimento geral do conjunto da região, finalidade essa que não exige a confecção dum mapa em escala grande, com muita riqueza de pormenores. Em geral, tal mapa até poderá dispensar a representação minuciosa da altimetria, sendo a situação relativa dos mais importantes detalhes planimétricos o essencial, enquanto uma simples indicação dos mais importantes acidentes topográficos por linhas de forma e algumas cotas aproximadas já satisfaz as exigências mais prementes.

Esse ponto de vista pode vigorar, como já dito, para a confecção de mapas em escalas mínimas, como por exemplo 1:1.000.000, 1:500.000,

talvez até 1:200.000 (escalas geográficas), para áreas extensas — Estados inteiros — onde ainda não existam suficientes elementos cartográficos em escalas maiores que possam ser utilizadas para a compilação desses mapas gerais.

Um Estado progressista, porém, não pode ficar satisfeito em conseguir só um tal mapa geral. É lógico que as ambições cartográficas devem ir muito além disso, até se chegar a uma obra cartográfica completa em 1:100.000 ou maior, até 1:10.000 talvez (escalas topográficas), indispensáveis para fins militares e para as demais necessidades da administração pública e os interesses particulares. Para regiões de especial importância, como para cidades e projetos técnicos detalhados, a escala deverá ser aumentada ainda mais (escalas cadastrais).

É lógico que, com o aumento da escala, também o custo e o tempo necessário aumentam em proporções muito acentuadas, e também o rigor deve aumentar progressivamente, visto que um erro de 50 m na escala de 1:500.000 representa 1/10 de mm e pode ser desprezado, enquanto o mesmo erro em 1:50.000 já representa 1 mm e não mais pode ser desprezado.

Executando-se um levantamento só com a finalidade de confeccionar um mapa em escala geográfica, a nossa preocupação com o problema das tolerâncias não precisará ser grande. Devemos ter em vista, porém, que tal levantamento geográfico só representa o primeiro passo e deverá ser ampliado para escalas maiores, logo que a necessidade para isso aparecer e fundos financeiros adequados forem disponíveis. Parece desejável, por conseguinte, mandar executar o levantamento geográfico inicial de tal forma que o mesmo possa ser aproveitado amplamente como base para os futuros levantamentos topográficos.

Em vez dos primitivos requisitos pelos quais os bandeirantes levantaram os poucos caminhamentos que ainda hoje formam o esqueleto da cartografia de vastas regiões no nosso interior — dispomos agora da fotogrametria aérea que representa a solução ideal para levantamentos incomparavelmente mais rápidos, completos e certos, que tanto servem para a compilação rápida de mapas em escalas mínimas como para a restituição rigorosa estereofotogramétrica de mapas em escalas maiores.

Supomos, para as considerações a seguir, que as fotografias aéreas verticais sejam tiradas na escala média de 1:40.000 com uma câmara grande-angular Zeiss RMK P 10 de 18 x 18 cm, sendo a altura média do vôo fotográfico 4000 m acima da terra e a largura da faixa fotografada aproximadamente 7 km. Tendo a câmara também um dispositivo basculante, é possível tirar fotografias oblíquas à direita e esquerda do rumo do vôo. Com 30° de inclinação para ambos os lados, as fotografias oblíquas — que podem ser transformadas em horizontais por meio dum simples transformador com o ângulo fixo de 30° — aumentam a largura da faixa, fotografada num único vôo, para um total de 24 km.

É natural que as partes exteriores das fotografias oblíquas serão bastante deficientes, tanto devido à diminuição da escala (nas partes extremas quase 1:100.000) como devido à diminuição da transparência do ar. Além disso, o ângulo chato de inclinação do feixe de raios (no extremo só 17° com a horizontal) causará sombras compridas, escondendo em zonas de vegetação alta grandes partes do terreno. Em zonas de topografia acidentada essa circunstância pode tornar até proibitiva a aplicação de fotografias oblíquas.

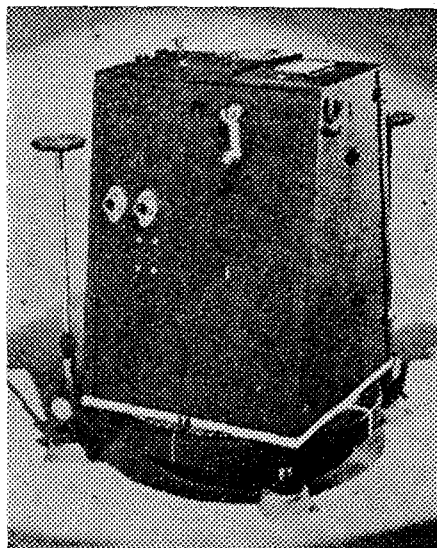
Para cobrir a faixa sobrevoada com fotografias consecutivas, uma superposição longitudinal mínima seria suficiente. Em vista da utilidade e futura necessidade do aproveitamento estereoscópico, porém, convém tirar as fotografias sempre com uma superposição longitudinal de 66,6 %.

Na base destas fotografias aéreas podem ser executados os seguintes trabalhos:

- 1) Compilação dum simples mosaico não controlado.
- 2) Compilação dum mosaico controlado.
- 3) Triangulação aérea em planimetria.
- 4) Triangulação aérea espacial.
- 5) Restituição estereofotogramétrica de mapas completos.

Ad 1) As fotografias consecutivas são coladas em justaposição certa, observando-se que pontos próximos à base B (ligação dos pontos principais dum par estereoscópico de fotografias) coincidem na melhor forma possível.

O rigor dum tal mosaico depende essencialmente da qualidade do vôo fotográfico e da topografia do terreno fotografado. No caso ideal, sendo as fotografias tiradas tôdas da mesma altura, com câmara perfeitamente nivelada, e sendo o terreno absolutamente plano e horizontal, aparece — abstraindo-se dos erros causados pela ótica imperfeita da câmara e pela dilatação do filme e das cópias — unicamente o erro individual do operador que, na justaposição das fotografias consecutivas, não pode conseguir uma superposição perfeita de pontos idên-



Câmara fotogramétrica moderna "Fairchild" automática, com filme para 700 exposições. Trabalha, indiferentemente, com uma das objetivas seguintes:

Bausch & Lomb f6.5 lens of 13 cm distância focal.

Bausch & Lomb f6.3 lens of 15 cm distância focal.

Ross f5.5 lens of 15 cm distância focal.

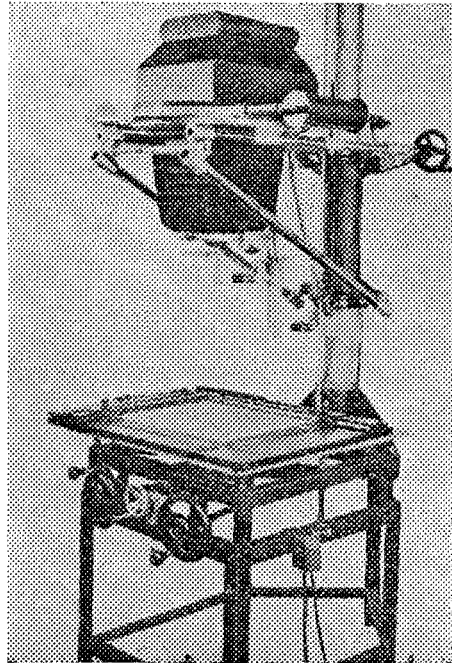
Goerz Aerotar f6.8 lens of 21 cm distância focal.

ticos. Esse erro ΔB pode ser mantido dentro de uma média de $\pm 0,2$ mm (erro de desenho), causando por conseguinte para o primeiro par de fotografias, sendo a base $B = 60$ mm, um erro na relação de $\frac{1}{300}$.

Essa relação melhora teoricamente com o aumento do número n das fotografias da faixa, de acôrdo com a lei da raiz quadrada da distância ($\Delta B \sqrt{n}$), sendo para uma faixa de 40 fotografias, que correspondem a uma distância de 100 km, já reduzido para $\frac{1}{2\ 000}$.

Condições tão ideais infelizmente na prática não podem ser conseguidas. Devemos contar sempre com um ligeiro desnível da câmara, assim como com variações em altura, tanto do avião como também da topografia do terreno. Os erros resultantes disso influem na direção e no comprimento da cada base.

a) Erros provocados pelo desnível da câmara. O desnível ou a distância nadiral $\sqrt{\quad}$ pode ser mantido, sob condições normais, dentro duma média de $\pm 2^\circ$. Isso prova um deslocamento, em relação ao ponto principal, do ponto nadiral de 3,5mm e do isocentro de 1,7mm. O centro de irradiação para a medição de ângulos verdadeiros, que na fotografia rigorosamente horizontal é o ponto principal, desloca-se na fotografia inclinada para o isocentro, quando o terreno fôr horizontal. Para terreno acidentado os ângulos na fotografia inclinada não correspondem mais aos ângulos verdadeiros. Na prática costuma-se escolher para centro de irradiação — visto que a posição do ponto nadiral e do isocentro são em geral desconhecidos — um ponto bem identificável nas imediações do ponto principal, distante no máximo 5 mm. O erro na posição desse ponto escolhido será, para $\sqrt{\quad} = 2^\circ$, no máximo 0,02 mm ou $\frac{1}{335}$. Mais sensível torna-se o erro ΔB no comprimento da base B devido ao desnível $\sqrt{\quad}$ da fotografia, alcançando um valor máximo de $1,3\text{ mm} = \frac{1}{44}$ ($\Delta B = B \cdot \text{tg } \sqrt{\quad} \cdot \text{tg}(\sqrt{\quad} + \varphi)$, sendo $\text{tg } \varphi = \frac{r}{f}$).



O "Transformador Fairchild"
Aparelho para corrigir a escala e a falta
de horizontalidade dos aerofotogramas.

Esses erros podem ser analisados também como modificações da escala da fotografia. Numa altura do vôo de 4000 m que corresponderia, para uma fotografia rigorosamente horizontal, à escala de 1:40.000, uma fotografia, inclinada de 2° ao redor dum eixo horizontal e perpendicular à base (rumo do vôo), terá no ponto principal a escala de 1:40.074 e na outra extremidade da base de 60 mm à escala de 1:39.200.

Mais acentuados ainda tornam-se esses erros no momento de aparecerem diferenças em altura, seja do vôo, seja da topografia da terra. Considerando que num bom vôo fotográfico a altura pode ser mantida dentro de limites de poucos metros, mais interessam as variações de altura do terreno, que causam já na fotografia horizontal um deslocamento na importância $\Delta s = \frac{s \cdot h}{H}$, sendo s a distância do ponto principal ao respectivo ponto, H a altura do vôo e h a variação de altura do terreno. Analogamente, esse deslocamento também significa uma variação de escala.

Na fotografia horizontal, Δs chega a 1,5 mm, sendo s (no caso em aprêço a base B) 60 mm e $h = 100$ m. Em fotografias inclinadas essa influência é quase idêntica, sendo naturalmente adicional — respeitando o sinal — aos erros provocados pela inclinação, como acima especificado.

Disso resulta que a combinação dos vários erros pode assumir proporções bastante sensíveis, tanto no sentido duma torção da faixa fotografada, como mais ainda em variações regulares ou irregulares da escala. Terreno muito acidentado pode — como já dito — tornar até impossível a compilação dum mosaico. Porém, mesmo assim, todos os pormenores que aparecem no conjunto das fotografias tiradas, sem controle terrestre algum, serão duma utilidade tão relevante que nunca poderá ser contestada, especialmente para fins de reconhecimento. A possibilidade da observação estereoscópica do relêvo do terreno representa, afinal, o fator talvez mais decisivo para a utilização desse processo.

Ad 2) Mosaico controlado: O aspecto do processo descrito no item 1), problemático devido aos erros não controláveis que nele aparecem, melhora sensivelmente, quando aparecerem nas extremidades da faixa fotografada pontos terrestres cujas coordenadas são conhecidas. Amarrando-se o mosaico a esses pontos, a posição e orientação do mesmo são conhecidas e uma escala média pode ser calculada. Os erros especificados para um mosaico não controlado diminuem assim teoricamente à metade. Conhecendo-se alguns pontos intermediários em altura, a escala ainda poderá ser melhorada, para cada trecho em separado.

Aparece porém, nesse conjunto, o problema do rigor dos pontos terrestres de referência. Uma triangulação geodésica ainda não existirá, na maioria dos casos. O recurso é, por conseguinte, em geral, procurado na determinação astronômica de pontos de referência. A mesma pode ser feita com um rigor de 1 a 2", tanto em latitude como em longitude,

o que seria em geral muito satisfatório, se não aparecessem as influências do deslocamento do centro de gravidade, causando deflexões do prumo que, na determinação da latitude, podem chegar ao múltiplo dos valores supra indicados. O valor das deflexões do prumo será, em geral, desconhecido, em vista da falta de triangulações geodésicas ou de determinações da gravidade, porém o mesmo pode ser bem apreciável. Ainda que seja improvável que no Brasil apareçam valores tão grandes como foram observados no Himalaia (Nanga Parbat com um máximo da deflexão total de 54", incluída a deflexão topográfica que aí atinge altos valores), não podemos desprezar êsses fatos, especialmente nas zonas das grandes falhas geológicas (Serra do Mar), onde também a deflexão topográfica deve ser apreciável. Porém também em regiões planas, onde não há deflexão topográfica, as deflexões do prumo podem atingir uma média de mais de 5". No Canadá, por exemplo, foi constatado um valor médio de ± 180 m nas planícies e ± 800 m nas regiões montanhosas. Uma média de ± 200 m significaria para dois pontos astronômicos, distantes 40 km um do outro, um erro na relação de $\frac{1}{200}$, relação essa que não pode satisfazer para trabalhos em escalas topográficas e não compensa o trabalho árduo e as despesas na determinação de pontos astronômicos. Devia ser alcançada pelo menos uma relação de $\frac{1}{400}$, assim como em geral é ainda tolerável na medição de caminhamentos. Dêsse postulado resulta a distância mínima tolerável entre pontos astronômicos que, de acôrdo com as prováveis deflexões do prumo, em geral não poderá ser menor de 100 km.

Cem quilômetros são, porém, já uma distância bem grande para amarrar um mosaico. Diminuir essa distância não convém, como resulta do acima exposto. Para melhorar a relação dos erros — e a isso sempre devem ser dedicados os nossos melhores esforços, para podermos aproveitar os resultados dos trabalhos iniciais (confecção dum mapa geográfico em escala mínima) também para trabalhos futuros (confecção de mapas topográficos em escalas médias) — restam, por conseguinte, duas possibilidades: ou melhor a justaposição das fotografias consecutivas, diminuindo tanto quanto possível as várias fontes de erros, ou melhorar o sistema de amarração da faixa fotografada, diminuindo o erro relativo entre os pontos de referência. Do exame da primeira dessas duas possibilidades ressalta o seguinte:

Ad 3) A Triangulação aérea nas próprias fotografias é, além dos erros provocados pela inclinação das fotografias e as diferenças em altura — erros êsses que não podem ser eliminados por processos simples — grandemente sujeita aos erros individuais do operador na justaposição das fotografias e na identificação dos pontos escolhidos. Existem vários métodos para reduzir êsses erros a um mínimo, sendo todos baseados na observação estereoscópica das fotografias consecutivas, como o método *Arundel* na Inglaterra, o *Slotted template* nos Estados

Unidos e o *Radialtriangulator* na Alemanha. O atualmente mais usado é o *Slotted template* — método que, conforme os relatórios norte-americanos, dá resultados ótimos, porém até agora só foi aproveitado para distâncias curtas, até 30 km. Todos esses métodos, porém, se limitam à determinação da situação em planimetria, não permitindo apanhar a terceira dimensão.

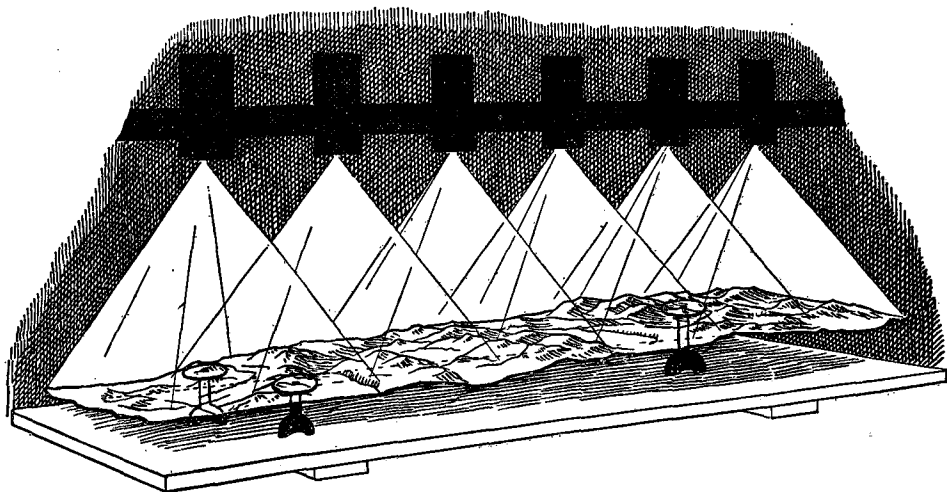


Figura esquemática do funcionamento do aeroprojetor multiplex

Ad 4) A *Triangulação aérea espacial* só pode ser feita pela orientação estereofotogramétrica das fotografias em aparelhos apropriados. Os aparelhos mais usados para esse fim são o “aeroprojetor multiplex” e o “estereoplanígrafo” de ZEISS e outros semelhantes construídos na Suíça e na Itália. SCHERMERHORN declara que, trabalhando com o “estereoplanígrafo”, os erros podem ser mantidos dentro duma relação de 1:2000 a 1:3000. O rigor na triangulação aérea pelo “multiplex” é aproximadamente a metade daquele alcançado com o “estereoplanígrafo”.

Disso resulta que a triangulação aérea espacial dá um rigor que jamais pode ser conseguido pela só amarração duma faixa fotográfica a pontos astronômicos. Mesmo na suposição de que a influência da gravidade seria zero, ou igual nas duas estações astronômicas, os erros das próprias medições astronômicas, ficando no conjunto dentro de $\pm 2''$, representam 60 m no terreno e necessitariam uma distância de 120 km entre os dois pontos para obedecer a uma relação do erro de 1:2000.

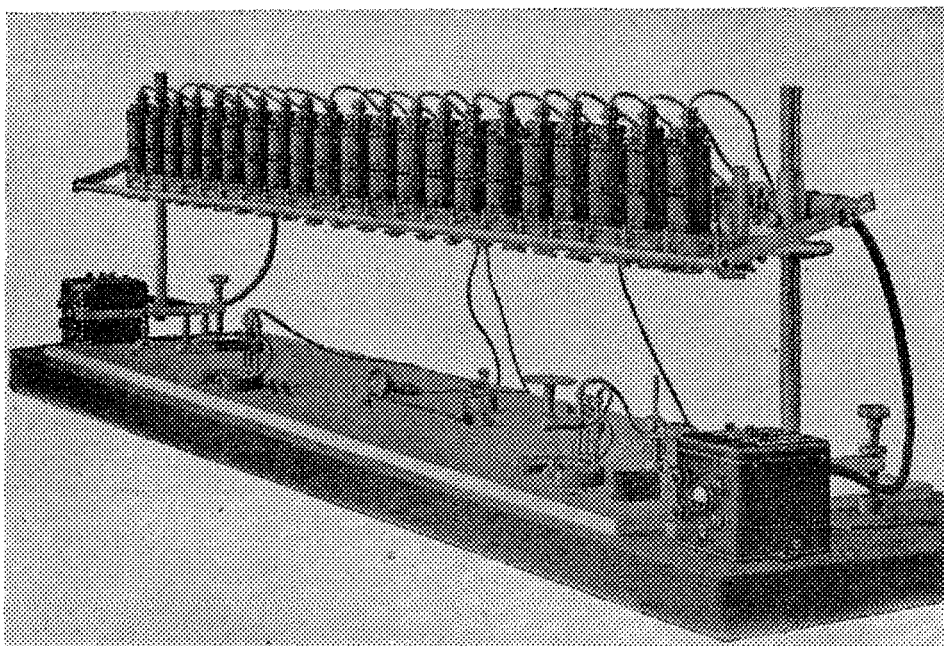
Nesse dilema aparece a solução seguinte:

Em vez de determinar pontos astronômicos, medem-se, de vez em quando, digamos em cada 20 ou 30 km da faixa, bases geodésicas, de preferência antes do vôo fotográfico, marcando nesse caso as extremidades de tal forma que apareçam bem visíveis nas fotografias. Não será preciso dispor de aparelhamento complicado e recorrer a métodos extra-

ordinários para se obter um rigor de pelo menos 1:2000 na medição dessas bases, que também deverão ser orientadas para o norte verdadeiro pela determinação dos seus azímites. Numa base qualquer será feita também a determinação astronômica dum ponto, para permitir a localização da faixa fotografada na superfície da terra. As alturas dos pontos de base e de mais pontos intermediários ao longo da faixa fotografada — quanto mais, melhor — podem ser determinadas barometricamente.

O procedimento na triangulação aérea espacial será o seguinte: a primeira base serve para a determinação rigorosa da escala do primeiro par estereoscópico de fotografias, enquanto as alturas barométricas permitem o nivelamento do modelo. Esses elementos de orientação são transferidos, no “estereoplanígrafo” ou no “multiplex”, de par a par, até se chegar à segunda base, cujo comprimento e azimute servem de controle aos elementos transferidos da primeira base até aqui. Os pontos de referência altimétricos, de sua vez, permitem o controle permanente da faixa, depois de introduzidos os valores teóricos para a eliminação das curvaturas e torções que sempre aparecem nesses processos.

É lógico que a amarração duma faixa de fotografias, cuja triangulação aérea em si acusa um rigor de 1:2000, em bases dum rigor do mesmo teor, deve fornecer resultados que perfeitamente poderão ser aproveitados para a restituição futura dum mapa topográfico em escala



O Multiplex longangular presta-se particularmente para a confecção de mapas de escala pequena das fotografias de longângulo de RMKP 10. Os projetores do Multiplex longangular abrangem ângulos de igual tamanho do quadro como a câmara fotográfica RMK P 10. As fotografias longangulares por isso podem ser aproveitadas imediatamente de acôrdo com as diminuições normais para o Multiplex. Com exceção dos projetores longangulares especiais, o Multiplex longangular combina perfeitamente com o aeroprojetor Multiplex normal.

média. Além disso, a escala fotográfica de 1:40.000 mostra ainda todos os pormenores essenciais para um mapa até 1:10.000 e permite um trabalho sumamente econômico, tanto no “multiplex” como no “estereoplanígrafo”.

Convém notar ainda que a triangulação aérea espacial do “estereoplanígrafo” pode ser estendida sobre um alto número de fotografias consecutivas que não precisam ser alinhadas num único rumo, enquanto no “multiplex” o número das fotografias consecutivas a serem trianguladas é limitado pelo comprimento da barra de suspensão dos projetores e poderá, por causa disso, só excepcionalmente passar do número de 16 (em geral só 12), sendo também indispensável que as respectivas fotografias sejam tiradas num vôo aproximadamente reto.

Ad 5) Restituição: Nos trabalhos dos quais tratavam os itens anteriores, foi visado como primeira finalidade a compilação dum mapa geográfico em escala mínima. Para tal fim será em geral suficiente, em regiões ainda pouco cultivadas, que os vôos fotográficos abranjam as linhas de maior interesse (rios, estradas), cobrindo por conseguinte a zona com uma rede de faixas de fotografias horizontais, faixas essas que convenientemente podem ser alargadas por meio de fotografias oblíquas para ambos os lados (vide pág. 772). As malhas dessa rede ficaram ainda abertas, contendo zonas de interesse reduzido que, no mapa primário em escala mínima, podiam ser desprezadas. Pela rede de fotografias horizontais, porém, passou a triangulação aérea espacial para localizar essas faixas com um rigor — aliás muito alto demais para um mapa de 1:500.000 — que permitia o aproveitamento para a restituição em escala topográfica. Assim, a triangulação aérea espacial, junto com a medição de bases e de cotas altimétricas na terra, forneceu rigorosas coordenadas de pontos de referência que agora servem para amarrar no “multiplex” as faixas fotográficas suplementares, enchendo as malhas da rede, faixas essas que foram levantadas num outro vôo fotográfico suplementar. Dessa forma, com um mínimo de trabalho terrestre, será possível, não somente compilar rapidamente um mapa geral geográfico em escala mínima, mas também um mapa topográfico em escala média, abrangendo a região com todos os seus detalhes em rigor adequado. Para o levantamento de zonas de interesse especial em escalas ainda maiores (cadastrais), como por exemplo cidades, etc., serão tiradas fotografias em escalas maiores e restituídas por métodos adequados, talvez no “estereoplanígrafo”, na base de pontos terrestres de referência suplementares, determinados com o rigor que o trabalho requer.

Seja permitida uma ilustração do acima exposto por um exemplo prático:

Levantamento do Estado do Maranhão:

Estado ainda pouco desenvolvido, parcialmente (parte oeste) quase desconhecido. Mapas existentes, com exceção de alguns pontos astronômicos e caminhamentos (estrada de ferro São Luiz-Teresina), bastante duvidosos e muito incompletos. Altimetria praticamente zero.

1) Primeiro ano: levantamento do perímetro do Estado, sendo desenhado um mapa de 1:500.000 com indicação generalizada da altimetria por meio de linhas de forma e algumas cotas.

2) Segundo ano: levantamento duma rêde, amarrada aos trabalhos do primeiro ano e abrangendo os mais importantes rios, estradas e rumos de estradas projetadas, de modo que as malhas dessa rêde, calculadas de eixo para eixo das faixas fotografadas, nunca passem de 100 km em largura. Compilação dum mapa de 1:500.000 de forma análoga ao do item 1) e completando o mesmo.

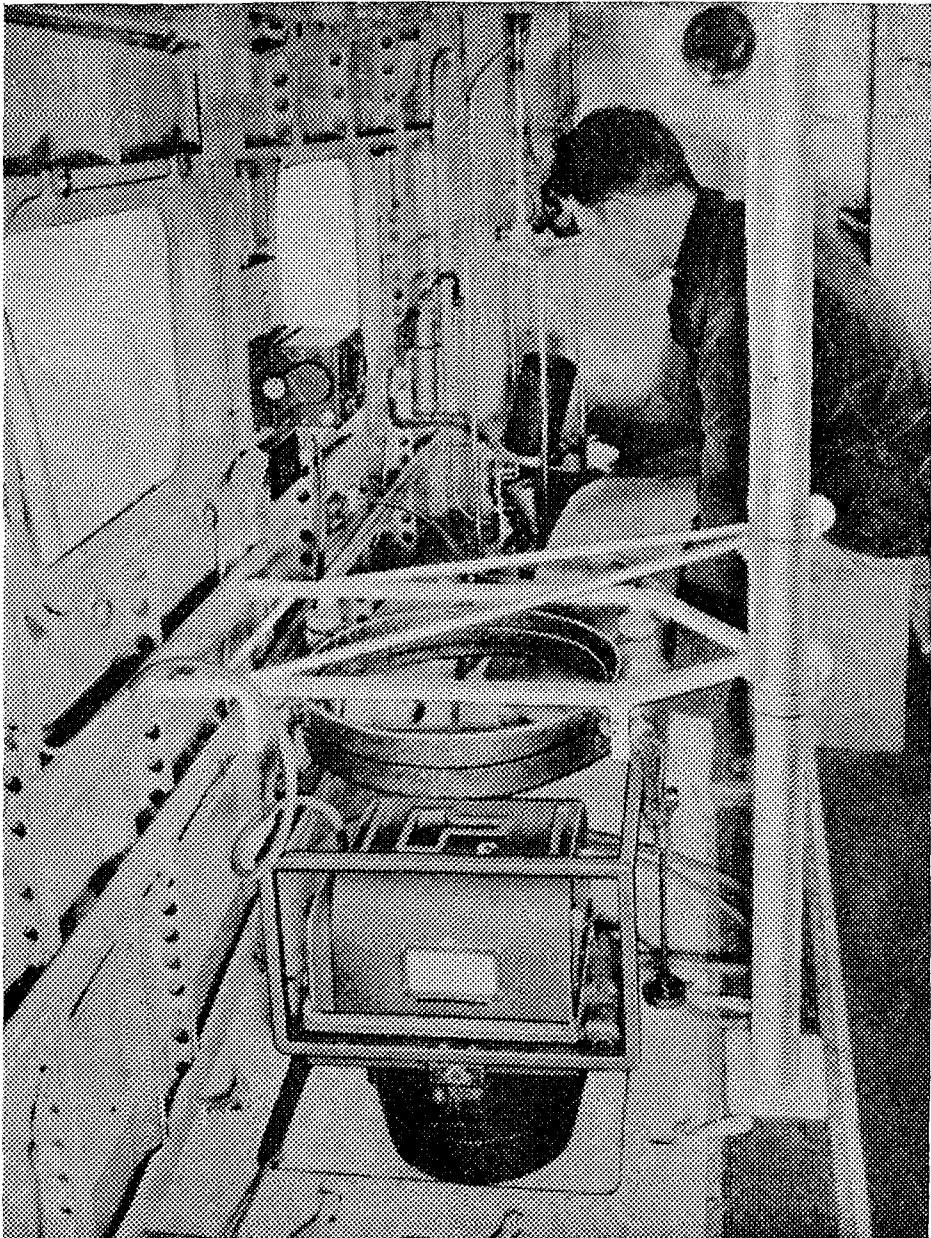
3) Anos seguintes: levantamento da cartografia geral do Estado em 1:100.000 (para Estados mais desenvolvidos seria preferível 1:50.000), com curvas de nível de 20 metros.

Ad 1)

a) Organização do trabalho aerofotográfico: avião apropriado de 2 motores, velocidade de cruzeiro pelo menos 220 km/h, subida até 4000 m em 30 minutos no máximo, teto pelo menos 5000 m, raio de ação pelo menos 1200 km = 5 1/2 h de vôo. Rádio e instrumentos de bordo completos. Câmara RMK P-10 com todos os acessórios, montada em suspensão basculante de 30° para ambos os lados. Tripulação: piloto, mecânico-radiotelegrafista, observador, operador (eventualmente fiscal). Câmara escura transportável ou instalada no avião, com acessórios de laboratório para mudança do filme e provas de revelação.

b) Execução dos vôos fotográficos: o levantamento do perímetro do Estado requer mais ou menos 2580 km de vôos fotográficos, em linhas retas (695 km na costa do Atlântico e 2885 km no interior), para os quais precisam-se em total aproximadamente 30 horas, subdivididas em 7 dias de vôo (nunca chegando a 5 h por dia). Isso corresponde a 7 semanas de trabalho, calculando-se 1 dia de vôo fotográfico por semana. Escolhendo-se uma época com tempo próprio para vôos fotográficos, é provável que o trabalho poderá ser terminado num prazo muito mais curto. Escala média das fotografias 1:40.000, superposição longitudinal 66,6 %, resultando mais ou menos 1500 fotografias verticais, 1500 oblíquas para direita e 1500 para esquerda, num total de 4500 fotografias. As fotografias verticais correspondem a mais de 25.000 km² levantados (largura da faixa mais ou menos 7 km). Junto com as fotografias oblíquas a área total fotografada aumenta para 80.000 km² (largura da faixa mais ou menos 24 km, calculando-se na zona costeira somente 2/3, visto que 1/3 talvez abranja o mar). Sendo os vôos executados de tal forma que no interior aproximadamente 1/3 da largura total da faixa (24 km) se encontre fora do perímetro do Estado, chegamos teoricamente ao resultado que em 7 dias de vôo podem ser fotografados mais de 57.000 km² do Estado do Maranhão, além de 23.000 km² dos Estados vizinhos.

c) Trabalhos terrestres: Considerando que visamos desde já a futura restituição dum mapa topográfico completo em 1:100.000, é oportuno organizar os trabalhos terrestres logo, de tal forma que os mesmos possam servir para uma triangulação aérea espacial no “estereoplanígrafo” ou “multiplex”. Escolhemos para isso o método de medir bases em cada 30 km na média (igual a 12 — 13 fotografias que cabem também no “multiplex”), sendo preciso, por conseguinte, em total 120 bases. Distribuindo êsse serviço terrestre a 3 turmas que poderão cada uma medir 2 bases por semana, incluindo as viagens e a determinação



Câmara fotogramétrica Fairchild K-3C, instalada no interior do avião

de cotas barométricas intermediárias, o serviço poderá ser feito em 5 meses. Parcialmente, em zonas mais desenvolvidas, onde a orientação do piloto é facilitada por núcleos habitados, estradas, etc., fáceis de ser reconhecidas durante o vôo, a demarcação e medição das bases será convenientemente feita já antes do vôo fotográfico, aparecendo assim nas fotografias os pontos demarcados no terreno. Nos demais casos as medições terrestres só poderão ser feitas depois do vôo fotográfico, escolhendo-se nas próprias fotografias os pontos na forma mais conveniente.

d) Para a primeira orientação geral e para a confecção do mapa de 1:500.000 será suficiente a compilação dum simples mosaico, cuja escala média será controlada pelas bases já medidas ou a serem medidas. Sendo o progresso diário dum operador 30 fotografias, o mesmo poderá terminar o mosaico das fotografias horizontais em 2 meses, e mais 2 operadores juntos no mesmo tempo as fotografias oblíquas que foram transformadas em horizontais no laboratório.

e) Na base desses mosaicos, cujas escalas e azimutes aproximados estão conhecidos, poderá ser desenhado, depois de redução por pantógrafo ou outro meio apropriado, o mapa de 1:500.000, com indicação da altimetria aproximada que ressalta da observação estereoscópica das fotografias e está baseada nas cotas medidas no terreno. Considerando que a redução é feita da escala média fotográfica de 1:40.000 para a escala final de 1:500.000, esse trabalho será bem rápido: a faixa total de 24 km de largura não terá no desenho nem 5 cm! Certa importância terão a nomenclatura e classificação dos detalhes, elementos esses que devem ser fornecidos pelas turmas terrestres.

Visando a impressão do mapa, será preferível executar o desenho em 1:400.000 e reduzir o mesmo fotograficamente para 1:500.000.

Assim, sendo os trabalhos bem organizados e favorecidos pelo tempo (época da seca), tudo poderá ser pronto em 6 meses talvez. Considerando, porém, os imprevistos, sempre inevitáveis em trabalhos dessa natureza e desse vulto, melhor será calcular 1 ano para a execução desse serviço.

O custo do mesmo será composto pelos seguintes itens, sendo os preços e prazos avaliados de acordo com várias experiências feitas no Brasil e em outras partes do mundo, prevendo ordenados adequados para especialistas nesses assuntos.

Orçamento:

ad a) Preparação do avião, montagem da câmara etc.	Cr\$ 2 000,00
ad b) 30 h de vôo incluídos os vôos de ida e volta, do respectivo aeroporto de base, sendo o avião domiciliado no Maranhão, a Cr\$ 1 500,00/h ..	Cr\$ 45 000,00

Convém calcular sempre o dôbro do tempo de vôo teoricamente necessário, como margem de segurança para os imprevistos	Cr\$ 45 000,00
6 dias de espera para cada dia de vôo fotográfico = 42 dias a Cr\$ 600,00 incl. ordenados e diárias da tripulação etc.	Cr\$ 25 200,00
Filme para 4500 fotografias mais 10 % de margem = 4950 fotografias = 20 rolos de filme de 50 m a Cr\$ 2 000,000	Cr\$ 40 000,00
50 % de margem para filmes defeituosos	Cr\$ 20 000,00
Revelação de 30 rolos de filme, a Cr\$ 200,00 ...	Cr\$ 6 000,00
3 cópias de 1650 fotografias horizontais (1500 + 10 % de margem) a Cr\$ 2,00	Cr\$ 9 900,00
2 cópias transformadas de 3300 fotografias oblíquas (3000 + 10 % de margem) a Cr\$ 5,00 ..	Cr\$ 33 000,00
ad c) 3 turmas terrestres completas incluindo condução, para 5 meses a Cr\$ 5 000,00	Cr\$ 75 000,00
ad d) compilação do mosaico, 3 operadores em 2 meses a Cr\$ 1 500,00	Cr\$ 9 000,00
ad e) redução e desenho em 1:400.000, 80.000 km ² = 50 dm ² a 40 h/dm ² = 2000 h (1 mês = 160 h) a Cr\$ 10,00	Cr\$ 20 000,00
Revisão no campo, 2 turmas em 2 meses a Cr\$ 5 000,00	Cr\$ 20 000,00
Redução fotográfica para 1:500.000 e impressão em 4 fôlhas	Cr\$ 10 000,00
Direção e fiscalização dos serviços, 12 meses a Cr\$ 3 000,00	Cr\$ 36 000,00
	Cr\$ 396 100,00

Com êsse cálculo, que já contém várias margens de segurança, o km² ainda não chega a Cr\$ 5,00. Falta, porém, no cálculo o valor do aparelhamento incluído o avião e a respectiva quota de amortização, assim como as despesas gerais. Sendo o serviço confiado a uma empresa particular, a mesma incluirá também um lucro razoável nos seus cálculos. Num trabalho dêsse vulto, essas despesas adicionais poderão chegar a aumentar a importância global acima indicada de 80 a 100 %.

Ad. 2) No segundo ano, o levantamento duma rêde, abrangendo os mais importantes rios, estradas etc. dentro do Estado, já se torna mais fácil, visto que a tripulação do avião tem, na base dos serviços já executados, melhor orientação, assim como maior facilidade para o

pouso e abastecimento do avião. Se bem que no nosso estudo a quilometragem projetada para os vôos fotográficos é, em relação aos serviços do primeiro ano, sensivelmente maior (4180 km), o tempo necessário chega a 33 h apenas, assim subdividido, e, os vôos podem ser executados também em só 7 dias. O número das fotografias horizontais é calculado em 1750 e das oblíquas em 3500 (1750 para direita e 1750 para esquerda). As fotografias horizontais correspondem a quase 30.000 km² e junto com as oblíquas a área total fotografada chega a mais de 100.000 km². O serviço terrestre abrange a medição de aproximadamente 110 bases — menos que o número que resultaria pelo cálculo teórico, em vista dos frequentes cruzamentos das faixas.



Um aerofotograma

O orçamento, de forma análoga como já estabelecido para os serviços do primeiro ano, será composto como segue:

Preparação do avião, montagem da câmara etc.	Cr\$	2 000,00
33 h de vôo a Cr\$ 1 500,00/h	Cr\$	49 500,00
Repetição dos vôos	Cr\$	49 500,00

42 dias de espera, a Cr\$ 600,00	Cr\$ 25 200,00
Filme para 5250 fotografias mais de 10 % de margem = 5775 fotografias = 24 rolos de filme de 50 m, a Cr\$ 2 000,00	Cr\$ 48 000,00
50 % aumento do item anterior	Cr\$ 24 000,00
Revelação de 36 rolos de filme, a Cr\$ 200,00	Cr\$ 7 200,00
3 cópias de 1925 fotografias horizontais (1750 + 10 % de margem) a Cr\$ 2,00	Cr\$ 11 550,00
2 cópias transformadas de 3850 fotografias oblíquas (3500 + 10 % de margem) a Cr\$ 5,00	Cr\$ 38 500,00
3 turmas terrestres para 4 1/2 meses a Cr\$ 5 000,00 ..	Cr\$ 67 500,00
Compilação do mosaico, 3 operadores em 2 1/2 meses a Cr\$ 1 500,00	Cr\$ 11 250,00
Redução e desenho em 1:400.000, 100.000 km ² = 62,5 dm ² a 40/dm ² = 2500 h a Cr\$ 10,00	Cr\$ 25 000,00
Revisão no campo, 2 turmas em 2 meses a Cr\$ 5 000,00	Cr\$ 20 000,00
Redução fotográfica para 1:500.000 e impressão em 4 fôlhas	Cr\$ 10 000,00
Direção e fiscalização dos serviços, 12 meses a Cr\$ 3 000,00	Cr\$ 36 000,00
	Cr\$ 425 200,00

De acôrdo com êsse cálculo, o km² passa somente pouco de Cr\$ 4,00, vigorando, naturalmente, também as mesmas ressalvas já feitas no orçamento anterior.

Junto com os trabalhos dos dois primeiros anos, acima especificados, convenientemente já correrá o trabalho da triangulação aérea espacial de tôdas as faixas de fotografias horizontais, isto é no 1.º ano 1650 e no 2.º ano 1925 fotografias.

O tempo necessário para a triangulação aérea espacial no "estereoplanígrafo" varia muito de acôrdo com os relatórios de diferentes autores. Seis fotografias por dia de 6 horas de trabalho parece uma média razoável. A triangulação, porém, feita uma vez num sentido, deve ser refeita no sentido oposto e, aparecendo divergências notáveis, será feita uma terceira vez para desempatar. Assim convém calcular, para fins de orçamentos, sempre com 3 triangulações. Para se conseguir uma mais rápida amortização dum aparelho tão dispendioso como o "estereoplanígrafo", é desejável trabalhar no mesmo possível-

mente 24 horas por dia. Suponhamos que no caso presente trabalharão 3 turmas de 6 horas cada uma, e cada turma será composta de 1 operador e 1 ajudante, ganhando Cr\$ 10,00 e 8,00 por hora, respectivamente.

O orçamento por fotografia abrange:

Trabalhos preparatórios 1 h a Cr\$ 7,00	Cr\$ 7,00
1 diapositivo de 18 x 18 cm	Cr\$ 15,00
Triangulação 1 h x 3 = 3 h a Cr\$ 18,00	Cr\$ 54,00
Cálculos 1 h x 3 = 3 h a Cr\$ 8,00	Cr\$ 24,00
	Cr\$ 100,00

A triangulação aérea espacial das 1650 fotografias do primeiro ano orça, por conseguinte, em Cr\$ 165 000,00 e pode ser efetuada num só "estereoplanígrafo" em 275 dias, trabalhando-se com 3 turmas. As respectivas importâncias para as fotografias tiradas no 2.º ano seriam Cr\$ 192 500,00 e 321 dias de trabalho.

Assim, contemporaneamente com os trabalhos dos dois primeiros anos para a confecção do mapa geográfico do Estado em 1:500.000, poderão ser determinadas, pela triangulação aérea espacial, coordenadas de alto rigor de inúmeros pontos semeados pelo Estado inteiro, que servirão de amarração para a futura restituição estereofotogramétrica do mapa geral topográfico do Estado em 1:100.000 ou em escalas ainda maiores. O Estado naturalmente não pode pensar na execução duma triangulação geodésica geral do seu território enorme de quase 350.000 km², trabalho êsse que, do ponto de vista científico, seria naturalmente o ideal, porém necessitaria para sua realização talvez 100 anos, além de fundos financeiros muito consideráveis, e nunca forneceria uma rede tão densa de vértices, como a facultaria a triangulação aérea. Não há dúvida que uma triangulação geodésica, com rigorosa distribuição dos erros, seria mais exata do que o rigor regional de 1:2000 que talvez possamos alcançar pela triangulação aérea. Se futuramente fôr possível executar, pelo menos em certas regiões, uma triangulação geodésica posterior, poderemos verificar que as coordenadas obtidas pela triangulação aérea sofrerão ligeiras modificações, que porém nunca serão tão grandes que influam na qualidade dum mapa de 1:100.000. As divergências ficarão provavelmente dentro do rigor do desenho ou, na pior das hipóteses, causarão um ligeiro deslocamento da rede de meridianos e paralelos, sem importância prática alguma, e unicamente de interesse científico.

Ad 3) A confecção do mapa geral topográfico do Estado em 1:100.000 exige a execução de vôos paralelos cobrindo o território inteiro e fechando, por conseguinte, as malhas que sobraram dos trabalhos an-

teriores. Em zonas onde as malhas forem muito largas, será preciso estreitá-las convenientemente por faixas suplementares de triangulação aérea, afim de que o comprimento das faixas paralelas não exceda o comprimento disponível dos "multiplex". Com superposição longitudinal de 66,6 % e lateral de 30 %, a área útil para a restituição de cada fotografia, em 1:40.000, é 12 km². A restituição de cada fotografia, no "multiplex", incluindo a orientação relativa e absoluta e uma margem de segurança para imprevistos (pontos de referência errados, mais fotografias do que teoricamente previstas, etc.), exigirá 6 horas para 2 operadores de Cr\$ 8,00 cada, sendo feita na escala de 1:12.000 com curvas de nível de 20 m e reduzida depois por pantógrafo ou outro meio apropriado à escala do desenho de 1:80.000, que afinal será reduzida fotograficamente a 1:100.000 e impressa nessa escala.

O custo para cada fotografia, correspondendo à área útil de 12 km², pode ser avaliado como segue:

Parte relativa ao trabalho aerofotográfico, assim como resulta das despesas especificadas no orçamento para o 2.º ano, para as fotografias horizontais	Cr\$ 95,00
1 diapositivo 4,5 x 6 cm	Cr\$ 5,00
Trabalhos preparatórios 1 h a Cr\$ 8,00	Cr\$ 8,00
Orientação e restituição, 2 x 6 h a Cr\$ 8,00	Cr\$ 96,00
Redução para 1:80.000, 1 h a Cr\$ 7,00	Cr\$ 7,00
Desenho 1:80.000 (12 km ² = 18,7 cm ² , 1 dm ² = 30 h a Cr\$ 9,00)	Cr\$ 50,50
Revisões e fiscalização no campo e no escritório	Cr\$ 25,00
Redução para 1:100.000 e impressão (fôlha de 50 x 50 cm = Cr\$ 5,00)	Cr\$ 24,00
	<hr/>
por fotografia	Cr\$ 310,50
ou por km ²	Cr\$ 25,90

A produção anual depende da verba, do pessoal e do aparelhamento à disposição. Um certo mínimo naturalmente é indispensável, para não tornar o trabalho contraproducente. Na base de um mínimo de 2 dias de vôo fotográfico de 600 km de faixas fotografadas em cada um, por exemplo, serão produzidas 500 fotografias que num só "multiplex" de 12 projetores grande-angulares, trabalhando-se com 2 turmas de 6 horas cada, podem ser restituídas em 250 dias úteis que correspondem quase a um ano, deduzindo-se os dias feriados e domingos, as férias regulamentares e eventuais doenças etc. A área restituída corresponderá nesse caso a 6000 km², o valor global seria Cr\$ 155 400,00. Desejando-se uma maior produção anual, o número dos "multiplex" deverá ser aumen-

tado. Assim, dentro das margens impostas pelo pessoal habilitado que pode ser encontrado ou formado, e pela verba disponível, os trabalhos poderiam ter uma marcha mais vagarosa ou mais rápida, porém sempre assim que dentro de prazo razoável, ainda ao alcance da nossa geração, as áreas imensas do nosso país, que ainda carecem de levantamentos, poderiam chegar a ter sua cartografia completa, em escalas convenientes.

*

RESUMÉ

L'ingénieur Ferdinando Bianchi, partisan des relevés aérophotogrammétriques lorsqu'il s'agit de grandes extensions de terrain, écrit sur l'application de cette méthode au Brésil. Son étude est présentée par le Major Adir Guimarães.

L'auteur commence par faire un historique des méthodes employées jusqu'aujourd'hui pour faire des relevés topographiques et recommande l'emploi de la photogrammétrie aérienne, "qui représente une solution idéale pour les relevés qui peuvent être faits d'une manière incomparablement plus rapide, plus complète et plus précise et servir aussi bien à la compilation rapide de cartes à petites échelles comme à la restitution rigoureuse estéréophotogrammétrique de cartes à plus grandes échelles.

L'auteur donne des détails sur la technique aérophotogrammétrique et analyse minutieusement les différents genres de travaux qui suivent et qui ont un ordre croissant de précision: 1) compilation d'un simple mosaïque sans contrôle; 2) compilation d'un mosaïque avec contrôle; 3) triangulation aérienne en planimétrie; 4) triangulation aérienne spéciale; et 5) restitution estéréophotogrammétrique de cartes complètes. L'auteur indique les appareils qu'il faut employer, mentionne les avantages et les désavantages et donne les caractéristiques de chacun des travaux énumérés.

Ayant toujours en vue l'application au cas du Brésil, où le territoire est immense et vu les frais occasionnés par les travaux de cet ordre, l'auteur trouve que la précision dans un travail initial doit varier selon la valeur économique de la région qui doit être relevée. L'auteur finit son ouvrage en présentant un plan du relevé aérien de l'Etat du Maranhão et le devis de ces travaux.

RESUMEN

El Ing. Ferdinando Bianchi, propugnador de los relevamientos aerofotogramétricos, con presentación del Mayor Adir Guimarães, escribe acerca de su empleo en áreas extensas, como es el caso del Brasil.

De inicio habla de los métodos hasta hoy empleados en relevamientos topográficos y preconiza la fotogrametría aérea, "que representa solución ideal para relevamientos incomparablemente más rápidos, completos y ciertos, que tanto sirven para la recopilación rápida de mapas en escalas mínimas como para la restitución rigurosa estereofotogramétrica de mapas en escalas más grandes".

Entra en detalles sobre la técnica aerofotogramétrica y analiza, minuciosamente, en orden creciente de precisión, los siguientes trabajos: 1) recopilación de un simple mosaico no controlado; 2) recopilación de un mosaico controlado; 3) triangulación aérea en planimetría; 4) triangulación aérea especial y 5) restitución estereofotogramétrica de mapas completos. De todos da características técnicas, aparatos que se deben usar, ventajas y desventajas.

Siempre con la preocupación de aplicar sus estudios al caso brasileiro, de vasto territorio y adonde, atendiendo al costo de la operación, los métodos de precisión deben cambiar según el valor económico de la región a ser relevada, finaliza su trabajo presentando plan y presupuesto para el relevamiento aéreo del Estado de Maranhão.

RIASSUNTO

L'ingegnere Ferdinando Bianchi, propugnatore delle rilevazioni aerofotogrammetriche (presentato dal Maggiore Adir Guimarães), scrive sopra il loro impiego in vaste superfici, come nel caso del Brasile.

All'inizio tratta dei metodi impiegati fino ad oggi nelle levate topografiche e sostiene che la fotogrammetria aerea, "rappresenta la soluzione ideale per rilevazioni rapide, complete e sicure, che servono tanto per la compilazione celere di carte in scala minima, quanto per la ricostruzione rigorosa stereofotogrammetrica di carte in grande scala.

Dà particolari sopra la tecnica aerofotogrammetrica e analizza, minuziosamente, i seguenti lavori, in ordine crescente di precisione: 1.º) compilazione di un semplice mosaico non controllato; 2.º) compilazione di un mosaico controllato; 3.º) triangolazione aerea in planimetria; 4.º) triangolazione aerea speciale; 5.º) ricostruzione stereofotogrammetrica di carte geografiche complete.

Per tutti codesti lavori indica le caratteristiche tecniche, gli apparecchi che devono essere usati, i vantaggi e gli svantaggi.

All'intento di applicare i suoi studi al caso del Brasile, caratterizzato dalla vastità del territorio (così che, dato il costo delle operazioni, i metodi di precisione, in un lavoro iniziale, devono variare secondo il valore economico della regione da rilevare), termina il suo studio presentando un piano e un preventivo di spesa per la rilevazione area dello Stato del Maranhão.

SUMMARY

Engineer Ferdinando Bianchi, an enthusiast of the aerophotogrammetric surveys, following a foreword by Major Adir Guimarães, writes about such a practise over extensive areas, as in the case of Brazil.

He starts off with the methods used hitherto for land surveying and advocates aerial photogrammetry "which affords an ideal solution for a unparalleled swift, thorough and accurate work extremely valuable both for the rapid compiling of small-scale maps and the rigorous stereophotogrammetric restitution of large-scale maps.

He delves into details of the aerophotogrammetric techniques and analyses minutely, in an increasingly order of accuracy, the following works. (1) compilation of a simple uncontrolled mosaic; (2) compilation of a controlled mosaic; (3) aerial triangulation on planimetry; (4) special aerial triangulation; and (5) complete stereophotogrammetric restitution of maps. Of all of these, technical features, apparatuses that should be used, advantages and inconveniences are shown.

He displays a permanent concern towards having his studies applied to the Brazilian case. Here the territory is vast and, considering the cost of operations, methods for accuracy in an initial work should vary according to the economic value of the region to be surveyed. He ends by presenting a project with an estimate of the expenditures for a survey in the State of Maranhão.

ZUSAMMENFASSUNG

Der Ingenieur, Dr. Ferdinando Bianchi, Vorkämpfer photogrammetrischen Aufnahmen durch Flugzeuge, schreibt in diesem Artikel über den Gebrauch derselben in grossen Flächen, wie es in Brasilien der Fall ist. Eingeleitet wird der Artikel von Herrn Major Adir Guimarães.

Zuerst erwähnt er die bis heute gebrauchten Methoden für die topographischen Aufnahmen und sieht die photogrammetrischen Aufnahmen voraus, "welche eine ideale Lösung für eine viel schnellere, sichere und komplettere Aufnahme darstellt und welche sowohl für eine schnelle Zusammenstellung von Landkarten in kleinstem Massstab wie auch zur genauesten Rekonstruktion von Landarten in grossen Massstab dient.

Dann erwähnt er die Einzelheiten der photogrammetrischen Technik und analysiert auf das genaueste die folgenden Arbeiten: 1.) die Zusammenfassung eines einfachen, nicht kontrollierten Mosaiks; 2.) die Zusammenfassung eines kontrollierten Mosaiks; 3.) Ein Luft-Dreieck in Planimetrie; 4.) ein spezielles Luft-Dreieck und 5.) die Rekonstruktion auf stereophotographischen Wege von ganzen Landkarten. Ausserdem gibt er alle technischen Charakteristiken an, wie auch die Apparate, welche gebraucht werden müssen, wie auch die Vorzüge und Nachteile.

Mit der vorgefassten Meinung seine Studien auf die brasilianischen Fragen anzuwenden, mit enormen Flächen und wo, wegen der Kosten der Operation, die Methoden variieren müssen um in gerechten Proportionen zu dem wirtschaftlichen Wert der aufzunehmenden Gegend zu stehen, beendet er sein Artikel mit der Veröffentlichung eines Planes und Budget um den Staat Maranhão per Flugzeug aus aufzunehmen.

RESUMO

Ingeniero Ferdinando Bianchi, probatalanto por la aerofotogrametria planfaradoj, prezentita de Majoro Adir Guimarães, skribas pri ĝia uzado sur vastampleksaj areoj, kiel okazas en Brazilo.

Ĉe la komenco li parolas pri la metodoj ĝis hodiaŭ uzitaj ĉe la topografiaj planfaradoj kaj rekomendegas la aeron fotogrametrian, "kiu prezentas idealan solvon por planfaradoj senkompare pli rapidaj, kompletaj kaj certaj, kiu servas ne nur por la rapida kompilado de mapoj laŭ minimumaj skaloj, kiel ankaŭ por la rigora estereofotogrametria reĝustigo de mapoj laŭ pli grandaj skaloj".

Li raportas detale pri la aerofotogrametria tekniko kaj analizas, plendetale, laŭ kreskanta ordo de precizeco, la jenajn verkojn: 1) kompiladon de simpla nekontrolita mozaiko; 2) kompiladon de kontrolita mozaiko; 3) aeron planmezuradon de planimetrio; 4) specialan aeron planmezuradon kaj 5) estereofotogrametrian reĝustigon de kompletaj mapoj. De ĉiuj li donas teknikajn trajtojn, aparatojn uzotajn, profitojn kaj malprofitojn.

Ĉiam kun la priokupo apliki siajn studojn al la brazila kazo, kun vasta teritorio kaj kie, atentante pri la kosto de la operacio, la precizecaj metodoj en komenca laboro devas vari, laŭ la ekonomia valoro de la mezurota regiono, li finas sian verkon prezentante planon kaj budĝeton por la aera planfarado de Ŝtato Maranhão.