

Recuperação da cobertura aérea nacional RAF47

» Dora Roque

Aluna Estagiária do Mestrado em Engenharia Geográfica

dora_rq@msn.com

» Prof.^a Dr.^a Paula Redweik

Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia

pmredweik@fc.ul.pt

Introdução

O voo RAF47 foi obtido pela *British Royal Air Force* em 1947, quando esta empreendeu vários levantamentos aerofotográficos na Península Ibérica. No ano seguinte, as fotografias referentes a Portugal foram oferecidas aos Serviços Cartográficos do Exército. Após a doação do voo, foram várias as organizações civis que o utilizaram, nomeadamente, o Ministério da Economia, a Companhia Nacional de Electricidade, várias câmaras municipais e o Estado-Maior Naval, para desempenhar diversas tarefas [Alves, 1950a; Alves, 1950b]. Cerca de 60 anos depois da sua aquisição, o RAF47 continua a ter grande importância. As fotografias obtidas neste voo continuam a ser utilizadas para diversos fins e nas mais variadas áreas (geologia, geografia, história e arqueologia, entre outras) [Redweik *et al*, 2009]. O objectivo do trabalho desenvolvido foi, através da utilização de uma pequena amostra de fotografias desta cobertura aérea, testar uma metodologia que permitisse recuperar as características radiométricas e geométricas das imagens correspondentes à totalidade do país.

O Voo RAF

O conjunto de fotografias RAF47 foi obtido entre Maio e Agosto de 1947 [Redweik *et al*, 2009] e cobria a totalidade do país. As imagens originais estão guardadas em rolos de filme fotográfico contido em recipientes metálicos e são mantidos numa câmara fria a uma temperatura constante de 13°C e com uma humidade relativa de aproximadamente 23%. No arquivo, existe um enquadramento desenhado em papel vegetal sobre a carta 1: 250 000, o qual foi utilizado para a selecção das imagens que correspondem à zona de teste (Fig. 1). A referida região de teste consiste numa área aproximadamente quadrada, com 40 km de lado, situada na zona de Lisboa, a qual foi coberta por 13 fiadas horizontais,

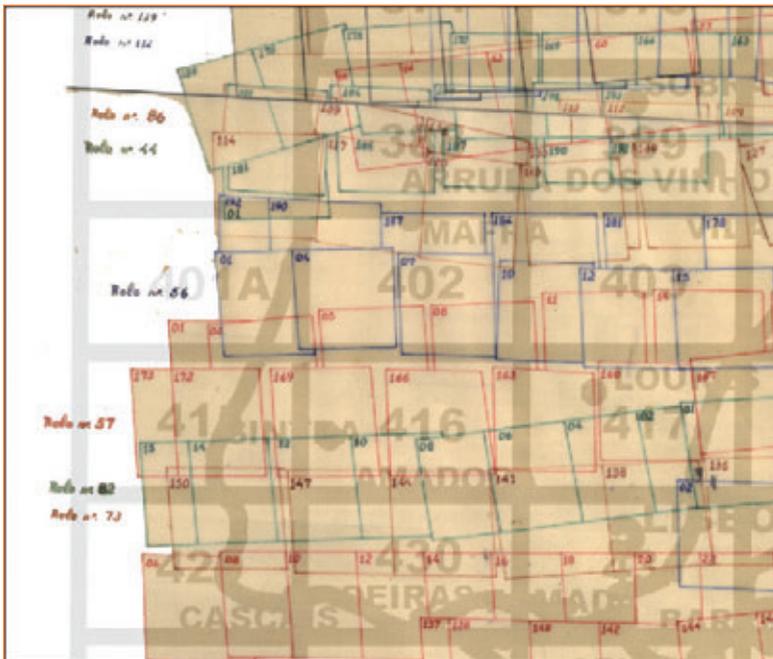


Figura 1 – Enquadramento das fotografias que abrangem a área de estudo (IGeOT)

mesma fonte indica, ainda, que a constante da câmara apresentava o valor de 152,4 mm.

Todas as informações encontradas relativas às lentes *Metrogon* indicam que estas não eram indicadas para a obtenção de fotografias destinadas à construção de cartas. As suas distorções tangenciais elevadas tornavam-nas impróprias para esta finalidade [American Society of Photogrammetry, 1952] e as distorções radiais apresentavam um valor de 0,110 mm, o qual é, aproximadamente, 10 vezes superior à maioria das distorções radiais de outras lentes destinadas à fotogrametria [American Society of Photogrammetry, 1980].

correspondendo a um total de 171 fotos.

No caderno onde se encontra o enquadramento, existe a indicação de que a escala das fotografias é 1:30 000 e que estas apresentam um formato de 23 cm × 23 cm. Apesar de não existir certificado de calibração, nem qualquer outra informação relativa à câmara, de acordo com Redweik et al (2009), a câmara utilizada foi uma K-17 com uma objectiva 6" *Metrogon* (Fig. 2). A

Recuperação Radiométrica

Apesar de o número de fotografias utilizadas no teste ser pequeno relativamente ao total da cobertura (cerca de 12 000), o conjunto de imagens usado apresenta muitos dos aspectos que caracterizam este voo no que diz respeito à qualidade das imagens.

A situação radiométrica das imagens do voo RAF é muito heterogénea. Em algumas imagens são visíveis faixas verticais mais claras que o resto da imagem, enquanto noutras, a zona central é muito mais clara que os cantos (Fig. 3 esquerda).

Com o objectivo de minimizar a luminosidade heterogénea destas imagens foi desenvolvido um programa em *Matlab*[®], que permitiu tratar as imagens de forma automática, sem ser necessária a intervenção do operador. A base deste programa foi a realização de uma abertura morfológica. Esta operação permitiu “apagar” os pormenores representados na imagem, deixando apenas presente o fundo (Fig. 4). Esta imagem temporária contém os efeitos de luminosidade



Figura 2 – A câmara aérea Fairchild K-17 com uma objectiva 6" *Metrogon* [Evidence in Camera, 1945]

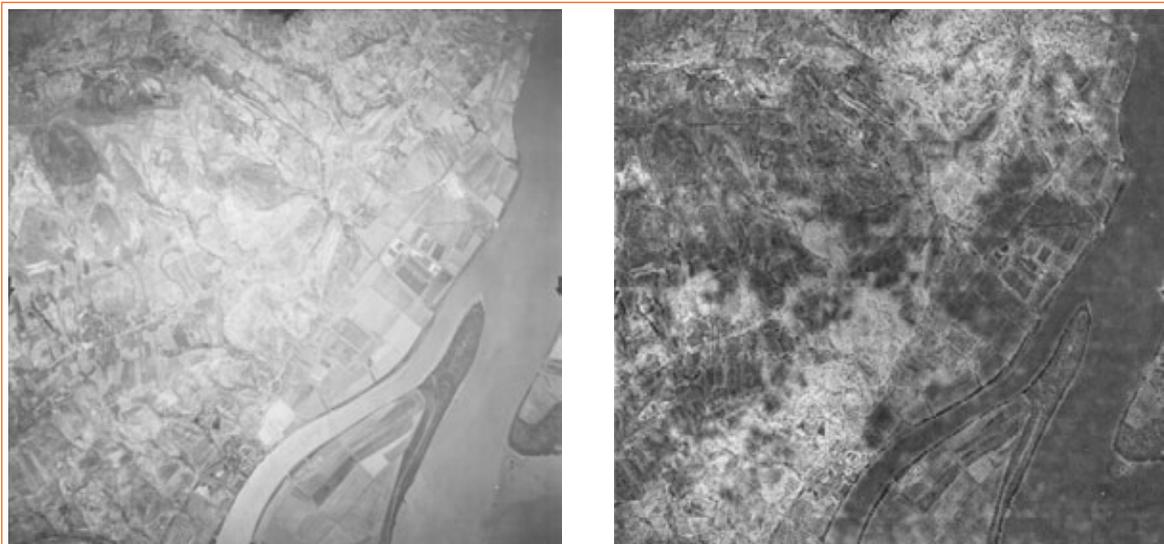


Figura 3 – Fotografia RAF com problemas radiométricos, antes (esquerda) e depois (direita) do processamento (IGeoE).

dade e foi subtraída à imagem original. Desta forma, foi possível obter uma fotografia aérea com todos os detalhes representados e com uma luminosidade uniforme (Fig. 3 direita e 4 direita). Como cada imagem, em formato digital, ocupava cerca de 115 Mb, foi necessário assumir um compromisso entre desempenho, utilização de memória e tempo de processamento. Estas restrições conduziram à necessidade de dividir cada imagem em imagens mais pequenas, nas quais a abertura foi aplicada de forma inde-

pendente. Após a junção das imagens auxiliares foram observadas descontinuidades nas fronteiras destas, as quais foram suavizadas através da utilização de um filtro média. A imagem resultante deste processo foi subtraída à imagem original, mantendo inalterada a geometria dos objectos representados. Imagens consecutivas pertencentes à mesma fiada passaram a ser mais semelhantes radiometricamente, o que, em princípio, aumentaria a probabilidade de sucesso da triangulação automática.

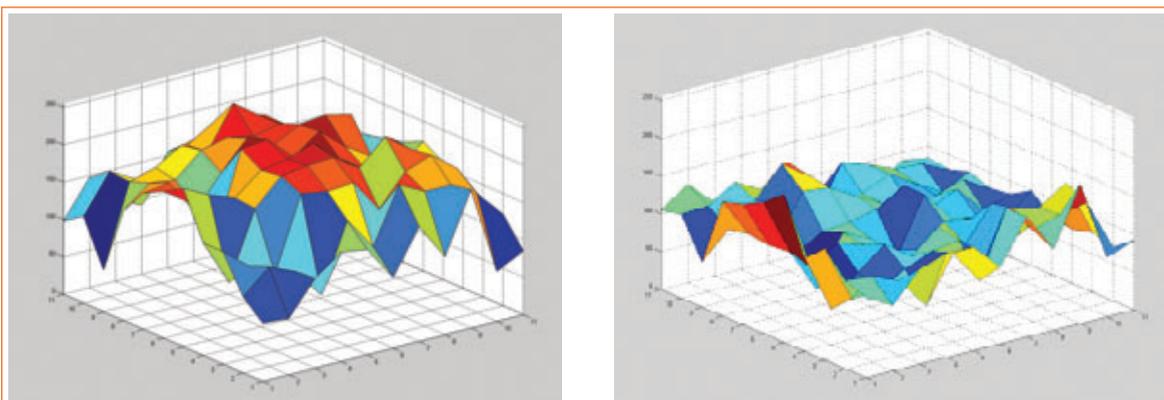


Figura 4 – Superfície da luminosidade do fundo da fotografia antes (esquerda) e depois (direita) do processamento

Recuperação Geométrica

Orientação Interna

Apesar de a câmara utilizada na obtenção das fotografias ser conhecida, não existe certificado de calibração desta. Por esta razão, parâmetros como as coordenadas foto calibradas das marcas fiduciais e do ponto principal e, ainda, informação relativa às distorções das lentes, não são conhecidos para o voo RAF.

Os *softwares* que trabalham com imagens associam a estas um sistema de coordenadas pixel. Contudo, os programas de aerotriangulação necessitam que os pontos medidos nas fotografias sejam referentes ao sistema de coordenadas foto. Desta forma, é necessário determinar os parâmetros de transformação afim, os quais permitem realizar a conversão das coordenadas entre os dois sistemas.

Para o cálculo dos referidos parâmetros, é fundamental que, para cada fotografia, sejam registadas as coordenadas *pixel* das quatro marcas fiduciais. As marcas fiduciais do RAF consistem em quatro meias-setas (*Fig. 5*), de dimensões diferentes, situadas a meio das margens. O par de dimensões maiores indica o sentido de voo. O outro par é mais pequeno propositadamente, para ocupar a menor área possível [*American Society of Photogrammetry, 1944*].



Figura 5 – Marca fiducial do RAF (IGeoE)

Outro dos obstáculos relacionados com a orientação interna das imagens, encontrado durante este trabalho, foi o desconhecimento sobre a forma como as marcas fiduciais deviam ser medidas.

Para que o sistema de coordenadas foto seja definido de forma correcta, as marcas fiduciais têm de ser registadas numa ordem pré-definida, a qual, normalmente, é indicada no certificado de calibração da câmara. A inexistência deste documento levou a que tivessem sido feitas diversas experiências, com as diferentes combinações possíveis entre o ângulo a atribuir à orientação da câmara, a posição da primeira marca a medir e o sentido de medição. Utilizando como referência os resultados da triangulação automática realizada para cada um dos testes, foi possível concluir que a forma correcta de orientar internamente as fotografias do voo RAF é atribuir à orientação da câmara o valor 0° para fiadas de Oeste para Este e 180° para fiadas de sentido contrário, começar as medições das marcas fiduciais pela marca que se encontra na margem oposta ao número e realizar as medições no sentido dos ponteiros do relógio (*Fig.6*). Na figura, a imagem do lado esquerdo corresponde a uma imagem do sentido Oeste – Este e a da direita corresponde ao sentido Este – Oeste.

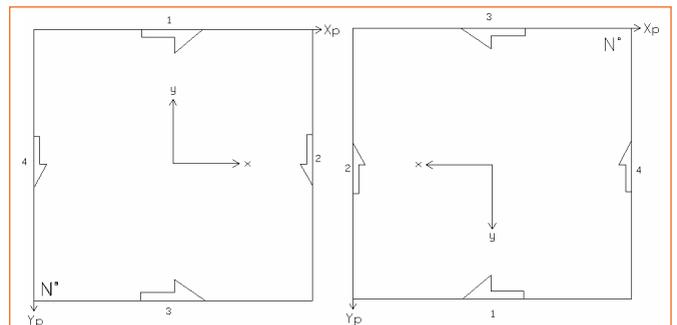


Figura 6 – Esquema da numeração das marcas fiduciais

A fim de evitar a medição manual de 684 marcas fiduciais, foi construído, em *Matlab*[®], um algoritmo de detecção automática das partes rectas das marcas fiduciais. Este recorre a técnicas de processamento digital de imagem aplicadas em excertos das fotografias efectuados nas zonas das marcas. Depois de as imagens estarem binarizadas, as operações morfológicas erosão e dilatação permitiram a reconstrução das marcas fiduciais >

e a remoção de quase todos os objectos exteriores a estas. Para seleccionar um ponto pertencente à parte recta da marca fiducial, foram detectados vários pontos com número digital igual a 1 (e que apresentassem um *pixel* vizinho com valor zero), os quais foram organizados em grupos de três, sendo escolhido um ponto pertencente ao conjunto mais próximo da colinearidade.

Esta rotina foi introduzida no programa *ORIRAF47*, o qual permite determinar os seis parâmetros de transformação afim entre os sistemas de coordenadas *pixel* e foto de uma forma directa, sem ser necessário conhecer as coordenadas foto calibradas das marcas fiduciais.

Orientação Externa

A orientação externa das fotografias foi obtida através de uma aerotriangulação, realizada com o programa *Image Station Automatic Triangulation (ISAT)* da *Intergraph*.

A aquisição de pontos homólogos foi feita através de uma triangulação automática. A precisão das coordenadas foto resultante desta triangulação foi de $528 \mu\text{m}$. Este mau resultado é facilmente compreensível, uma vez que as elevadas distorções causadas pelas lentes usadas na aquisição das fotos e a indefinição da forma dos objectos representados dificultam a acção dos operadores automáticos de detecção de pontos.

As alterações verificadas nos últimos 60 anos ao nível da ocupação do solo do nosso país tornaram inviável a obtenção de coordenadas de pontos fotogramétricos (PFs) no terreno. A aquisição de coordenadas terreno dos pontos fotogramétricos foi efectuada através de cadernos antigos, contemporâneos das fotografias, encontrados nos arquivos do IGeoE, os quais contêm croquis de pontos observados e as respectivas coordenadas. A fim de adensar o conjunto de pontos disponíveis, foram utilizados, também, vértices geodésicos e vértices auxiliares de sinalização permanente (VASP).

A medição das coordenadas foto dos PFs foi um processo complicado, uma vez que as já mencionadas distorções e a indefinição dos objectos

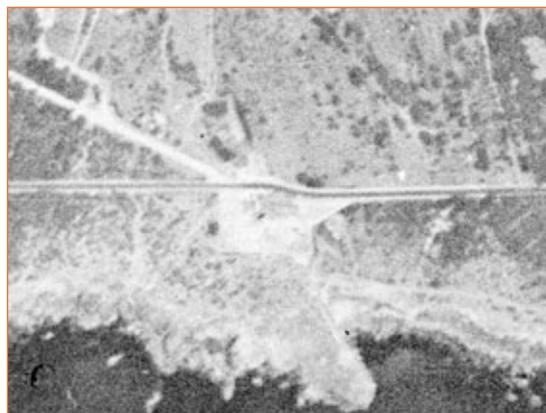


Figura 7 – Vértice geodésico Guia (IGeoE)

representados impossibilitaram a medição destes valores com a precisão desejada (Fig. 7).

Dos 75 pontos medidos manualmente no ISAT, 61 foram utilizados como pontos fotogramétricos e os restantes 14 como pontos de verificação.

Depois da realização da triangulação aérea, na qual foram estimados os parâmetros de calibração da câmara, a precisão das coordenadas foto obtida foi de $241,9 \mu\text{m}$. Apesar de este resultado ser insatisfatório, o bloco ficou relativamente bem ajustado aos PFs, tendo sido obtidos os erros médios quadráticos apresentados na *Tabela 1*.

	X (m)	Y (m)	Z (m)
Pontos Fotogramétricos	0,614	0,698	1,051
Pontos de Verificação	5,832	4,641	11,402

Os resultados mostram que apesar de os modelos estereoscópicos estarem bem ajustados aos PFs, estes divergem um pouco nos pontos de verificação. Uma explicação para este facto é a instabilidade geométrica do bloco causada pelos pontos homólogos de qualidade insuficiente. Esta razão é, também, a causa da elevada incerteza das coordenadas foto.

Foi construída uma base de dados geográfica, onde todas as imagens tratadas se encontram representadas pelos seus centros. A tabela de atributos referente a estes objectos disponibiliza diversa informação, como os parâmetros de transformação afim, os parâmetros de orientação externa e, ainda, informação recolhida referente à câmara utilizada.

Conclusões

A recuperação radiométrica foi efectuada com sucesso, apesar de todos os problemas encontrados durante a construção do programa, como por exemplo a utilização de memória e o elevado tempo de processamento de cada imagem. Contudo, foi possível obter um programa que, para além de uniformizar a luminosidade de cada imagem, aproxima radiometricamente todas as imagens do bloco. A maior vantagem do programa desenvolvido é permitir a execução de um tratamento diferente para cada imagem, tendo em conta as características radiométricas desta, sem ser necessária a intervenção do operador.

Quanto à recuperação da geometria das fotografias, estas podem ser utilizadas para adquirir produtos fotogramétricos com escala inferior a 1:35 000. A qualidade radiométrica das imagens, nomeadamente a indefinição dos objectos representados, impediu a realização de uma triangulação automática adequada e a medição das coordenadas foto dos PFs com a precisão requerida. Este problema foi acentuado pelo facto de não ser conhecida informação relativa às distorções das lentes usadas durante o voo e pelas diferentes incertezas das coordenadas terreno dos PFs (por terem sido adquiridos em datas diferentes). No entanto, nem todas as tarefas realizadas no âmbito deste trabalho foram infrutíferas. Foi possível determinar a forma correcta de medição das marcas fiduciais, aquando da realização da orientação interna, e os parâmetros de orientação externa obtidos, mesmo apresentando alguma inexactidão, poderão ser utilizados como aproximações iniciais em trabalhos futuros.

Referências

Alves, M. P. F. (1950a). *Relatório dos Serviços Cartográficos do Exército – 1949*. Texto não publicado, Instituto Geográfico do Exército, Lisboa.

Alves, M. P. F. (1950b). *Relatório dos Serviços Cartográficos do Exército – 1950*. Texto não publicado, Instituto Geográfico do Exército, Lisboa.

American Society of Photogrammetry (1944). *“Manual of Photogrammetry”*, Preliminary Edition, American Society of Photogrammetry, New York, United States of America.

American Society of Photogrammetry (1952). *“Manual of Photogrammetry”*, 2nd Edition, American Society of Photogrammetry, Washington, D. C., United States of America.

American Society of Photogrammetry (1980). *“Manual of Photogrammetry”*, 4th Edition, American Society of Photogrammetry, Falls Church, United States of America.

Evidence in Camera (1945). *Special Edition on Photographic Reconnaissance and Photographic Intelligence 1939 – 1944*, March 1945, Air Ministry A.C.A.S. Great Britain.

Redweik, P., D. Roque, A. Marques, R. Matildes, F. Marques (2009). *Recovering Portugal Aerial Images Repository. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. XXXVIII – 1 – 4 – 7 / W5. ISSN 1682-1777. 