

RETIFICAÇÃO GEOMÉTRICA DIGITAL DE AEROFOTOGRAMA SOBRE BASE CARTOGRÁFICA EM PROJEÇÃO UTM

Izaque Francisco Candeia de Mendonça¹ e José Elenildo Queiroz²

RESUMO

Retificação geométrica é uma modalidade de transformação de imagem, pela qual sua geometria é feita planimetricamente, eliminando-se as distorções dinâmicas de altitude e/ou atitude (roll, pitch, yaw) inerentes às plataformas de sensores remotos. Esta pesquisa objetivou testar o modelo polinomial linear na retificação geométrica de um aerofotograma relativo ao município de Santa Maria, RS, georeferenciando-o sobre base cartográfica em projeção UTM (Universal Transversa de Mercator). Na geração do modelo foram considerados 17 pontos de controle para os quais prefixou-se um limiar de precisão de 0,000957 unidades de imagem (u.i.). O modelo linear de retificação definiu Erros Médios RMS satisfatórios.

Palavras-chave: aerofotograma, retificação, projeção UTM

DIGITAL GEOMETRIC RECTIFICATION OF AEROPHOTOGRAM ON CARTOGRAPHIC BASIS IN UTM PROJECTION

ABSTRACT

Geometric rectification is a mode of image transformation by which its geometry is done planimetrically, thereby eliminating the dynamic distortions in altitude and/or attitude (roll, pitch, yaw) inherent to the remote sensor platforms. This research aimed at testing linear polynomic model in the geometric rectification of an aerophotogram related to the municipality of Santa Maria, RS, georeferentiating them on a cartographic basis in UTM (Universal Transversa Mercator) projection. In the generation of the geometric rectification model seventeen control points were considered. A prefixed threshold accuracy of 0.000957 image units was set. The linear rectification model defined RMS Medium Errors satisfactorily.

Key words: aerophotogram, rectification, UTM projection

INTRODUÇÃO

O sensoriamento remoto é uma ferramenta útil nas aplicações que exigem o monitoramento sistemático de recursos naturais e urbanos. Dentre essas aplicações, entretanto, e considerando-se a precisão requerida, o uso de imagens (Landsat - TM e aerofotogramas) é limitado, uma vez que as cenas não

obedecem a um gradeamento de uso cartográfico. Tal fato se verifica porque o sistema de imageamento sofre alterações dinâmicas de atitude (roll, pitch e yaw), altitude e velocidade, com a conseqüente variação de posição. Acrescentam-se a rotação e esfericidade da Terra. Bernstein apud Jensen (1986) descreve que os dados sensorizados remotamente contém, igualmente, erros geométricos sistemáticos e não sistemáticos,

¹ Eng. Florestal, M.Sc., Prof. Assistente, Departamento de Engenharia Florestal/Campus VII/UFPB, CP 64, CEP 58.700-970, Patos-PB, Fone (083) 421-3397, Fax (083) 421-4659

² Eng. Agrícola, Dr., Prof. Adjunto, Departamento de Engenharia Florestal/Campus VII/UFPB, CP 64, CEP 58.700-970, Patos-PB, Fone (083) 421-3397, Fax (083) 421-4659

divididos em duas classes: naqueles que podem ser corrigidos usando dados de plataformas, efemérides e com conhecimento da distorção interna do sensor, e naqueles que não podem ser corrigidos com precisão aceitável, senão com número suficientes de pontos de controle no terreno (GCP's). Esta pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de se realizar correções geométricas em um aerofotograma, correspondente ao município de Santa Maria, RS, através do emprego de modelo polinomial linear, reformatando-o sobre base cartográfica em projeção UTM – Universal Transversa de Mercator (Carta planialtimétrica, escala 1:50000, Santa Maria, RS) com reamostragem dos pixels, para a grade de saída, pelo método ordem zero ou vizinho mais próximo.

MATERIAL E MÉTODOS

Como critério de seleção da área de estudo foram considerados os seguintes aspectos: 1) o uso crescente de imagens fotográficas nos seus processos de mapeamento e monitoramento; 2) a existência de base cartográfica (UTM - 1:50000) para a aquisição de pontos de controle para os processos de correção geométrica da imagem.

A área de estudo situa-se no Município de Santa Maria, RS, entre os paralelos 29° 30' e 29° 45' Sul e longitude de 53° 45' e 54° 00' Oeste, conforme a carta de Santa Maria, RS (SGE – Serviço Geográfico do Exército). Os materiais empregados foram divididos em produtos fotográfico, cartográfico e software.

O processo de geração do modelo de retificação geométrica (Polinômio de Transformação) para o aerofotograma FX05994, objetivou a construção de uma equação que relaciona pontos de controle geométrico na imagem com seu correspondente na base cartográfica considerada. De acordo com Silva et al. (1988) é extremamente importante o uso de pontos de controle na otimização da correção geométrica de imagens, uma vez que fornecem referências absolutas para o refinamento das equações que descrevem sua geometria.

Para o cálculo dos coeficientes dos modelos de transformação, empregou-se o sistema de geoprocessamento IDRISI, módulo RESAMPLE (correção geométrica e reamostragem de imagens). Inicialmente foram considerados 17 pontos de controle para o ajuste da equação de regressão, com valores de coordenadas (x,y de imagem; X,Y de carta), compilados no arquivo PCT.COR do módulo EDIT do IDRISI. Estabeleceu-se um limiar de Erro Médio RMS de 0,000957 u.i (25m) para o aerofotograma FX05994, como limite de retificação. Não satisfeito o limiar prefixado, o ponto de controle com maior erro individual foi rejeitado recalculando-se, em seguida, os coeficientes de transformação, o RMS individual e Erro Médio RMS, associados com os pontos, tendo-se utilizado a seguinte expressão (Eastman, 1993):

em que RMS é o erro médio de posicionamento, r é a coordenada

$$RMS = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(r_i - t_i)^2}{n}}$$

(x' ou y') calculada na imagem original para o ponto de controle i , t é a coordenada (x ou y) original do ponto de controle i e n

é o número de pontos de controle. O processo de reamostragem da imagem impõe as correções da matriz para todos os pixels da imagem de saída. Nesta pesquisa, empregou-se o método vizinho mais próximo, no qual se transfere o valor de brilho dos pixels da imagem original para a grade retangular de saída.

Para a definição das coordenadas (x,y) da imagem de saída, tomaram-se como referência as coordenadas de carta (X,Y) mínimas e máximas, do conjunto dos pontos de controle, resultando para o aerofotograma uma grade de saída com dimensões que corresponderam à razão estabelecida pelo comprimento da grade nas direções consideradas (leste e norte) por sua resolução especificada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados para o presente trabalho, gerados a partir do processo de retificação geométrica do aerofotograma, fundamentaram-se em uma análise do modelo (polinômio de transformação) empregado em sua correção geométrica, como função do ajuste de correção alcançado, ao se considerar o limiar de Erro Médio RMS, prefixado em 0,000957 (25 metros).

Do processamento do modelo linear de retificação resultou, para a totalidade dos pontos de controle, um Erro Médio RMS de 0,001595 u.i. (1,35 pixels) reduzido para 0,000599 u.i. (0,51 pixels) após a rejeição de 6 pontos de controle, conforme a Tabela 1. Satisfeito o limiar prefixado de 0,000957 u.i. (25m) o processamento do modelo linear final resultou os seguintes coeficientes para as coordenadas x : $a_0 = 35,29857327$, $a_1 = 0,00003132$, $a_2 = -0,00000622$; para as coordenadas y , os coeficientes foram: $b_0 = -214,19930626$, $b_1 = 0,00000446$, $b_2 = 0,00003185$.

A grade de saída foi estabelecida a partir da determinação das seguintes coordenadas ($X,Y - UTM$) de carta:

Tabela 1. Valores de coordenadas de imagem (x,y) observadas e ajustadas e Erro Médio RMS observados na geração do modelo linear retificação geométrica do aerofotograma FX05994

Pontos de controle	Ordem de rejeição dos pontos	coord. x observada	Coord. Y observada	Coord. x' ajustada	Coord. y' ajustada	Erro Médio RMS* após rejeição do ponto R_i
1	A	0.9754738	0.4591716	0.9757084	0.4592969	-
2	A	0.9074693	0.2000000	0.9076090	0.1999533	-
3	A	0.8773690	0.2733728	0.8780190	0.2739878	-
4	A	0.6900780	0.3479290	0.6891456	0.3471332	-
5	A	0.5351170	0.4923077	0.5347090	0.4930451	-
6	R ₄	0.4046823	0.2532544	0.4028829	0.2559110	0.001051
7	A	0.3032330	0.3502959	0.3039054	0.3499955	-
8	A	0.2240803	0.3810651	0.2236607	0.3813391	-
9	A	0.2675585	0.5467455	0.2672112	0.5460884	-
10	A	0.3422520	0.6769231	0.3427626	0.6774270	-
11	R ₂	0.2352285	0.8485207	0.2365804	0.8496300	0.001309
12	R ₅	0.3032330	0.8485207	0.3021614	0.8493605	0.001030
13	A	0.3322185	0.7869822	0.3326921	0.7872432	-
14	R ₁	0.4793757	0.8236687	0.4779987	0.8201172	0.001444
15	R ₃	0.6265329	0.9254438	0.6234352	0.9224863	0.001095
16	R ₆	0.6655518	0.5692308	0.6642006	0.5673064	0.000599
17	A	0.7257525	0.6863905	0.7251787	0.6856738	-

Erro Médio RMS com 17 pontos de controle = 0.001595

* valor expresso em unidades de imagem (u.i.)

1 u.i. = 0.00111 = 29 m

A - ponto de controle aceito para retificação

R_i - ponto de controle rejeitado na ordem i ($i = 1...6$)

coordenadas X: 212000m; 232000m

coordenadas Y: 6705700m; 6723100m

Da definição destes valores de coordenadas resultou uma grade retangular, com dimensões de 800 pixels por 696 linhas ou registros, para um pixel que representa uma grandeza de 25m no terreno.

Definido o modelo de retificação, o processo de reamostragem dos valores de níveis de cinza para o aerofotograma foi inicializado, procedendo-se com a opção 1 = *continuar*, do módulo RESAMPLE do aplicativo IDRISI. Observou-se que o processamento do modelo linear de retificação tende a definir a geometria da imagem como função do relevo representado; isto foi preconizado por Tavares & Fagundes (1991) que afirmam: “ao se transformar uma foto de eixo ótico inclinado em vertical, eliminam-se os deslocamentos das imagens devido a esta inclinação; entretanto, mantêm-se os deslocamentos decorrentes do relevo, uma vez que o novo fotograma permanece em projeção central”.

CONCLUSÃO

O processamento linear do modelo de retificação geométrica demonstrou prover eficazmente o refinamento geométrico do aerofotograma, resultando um Erro Médio RMS altamente satisfatório (0,51 pixels) determinando uma imagem com geometria previsível.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- EASTEMAN, J.R. **IDRISI** - Versão 4.1 Worcester: Clark University, 1993. 209p.
- JENSEN, J.R. **Introduction digital image processing**. Englewood cliff: University of South Carolina, 1986. 379p.
- SILVA, A.J.F.M.; LI, F.A.M.; LIRA, P.R.M.; SOUZA, R.C.M.de. **Correção geométrica digital de imagens MSS-LANDSAT**. São José dos Campos: INPE, 1988. 10 p. (INPE - 4627 - PRE/1345).
- TAVARES, P.E.M & FAGUNDES, P. M. **Fotogrametria**. Rio de Janeiro, SBC, 1991, p. 192-193.