

AVALIAÇÃO DO USO DA TRANSFORMAÇÃO DLT NO TRIPLET DE IMAGENS ALOS

GRAZIELLA VALENÇA DE SOUZA
JORGE ANTONIO DA SILVA CENTENO
ÁLVARO MURIEL LIMA MACHADO

Universidade Federal do Paraná - UFPR
Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas
Departamento de Geomática, Curitiba - Pr
regan.gra@gmail.com; {centeno;alvaroml}@ufpr.br

ABSTRACT – This paper evaluates the potentiality of the use of a generalized mathematical model called Direct Linear Transformation – DLT in an ALOS triplet image. The parameters of the model was obtained through Registro software, implemented by Dr. Álvaro Machado, from Federal University of Paraná, using the Dephi language. The land area is localized at the city of Campo Magro, near from Curitiba. A map in scale of 1:10.000 was used to obtain the terrain coordinates. The verification points was used with a rotin in Matlab to comprove the vality of this transformation with ALOS imagery.

1 INTRODUÇÃO

O satélite ALOS foi lançado em janeiro de 2006, com objetivo de fornecer mapas, executar observações regionais, monitorar desastres, levantar recursos naturais e desenvolver tecnologia para futuros satélites.

Os sensores do ALOS são:

PRISM – compreende três conjuntos de sistemas ópticos para medição precisa da elevação;

AVNIR-2 – realiza o mapeamento da superfície terrestre através de sensor multi-espectral com 4 bandas (RGB e infravermelho próximo);

PALSAR – é habilitado para realizar observações independentes das condições climáticas e de iluminação.

1.1 O Sensor PRISM

O PRISM possui três sensores ópticos independentes.

Estes sensores são capazes de realizar visadas nadir, forward e backward, produzindo uma imagem estereoscópica ao longo do eixo de varredura.

A figura a seguir mostra o sensor PRISM, bem como seu sentido de varredura:

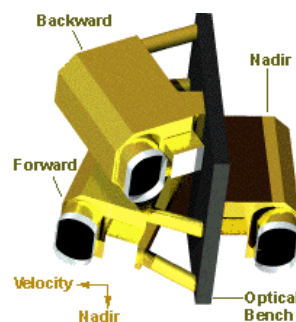


Figura 1 – O sensor PRISM. FONTE: JAXA (2006)

Os dados obtidos por sensores de satélites como o PRISM do ALOS trazem algumas dificuldades quanto à sua geometria.

As três imagens: nadir, forward e backward não possuem a mesma geometria, o que dificulta a modelagem matemática para obtenção dos parâmetros de orientação exterior.

Este artigo traz o uso da Transformação Linear Direta (DLT) como metodologia para encontrar o valor destes parâmetros.

O telescópio da visada nadir cobre uma largura de 70km.

Já os de visada forward e backward cobrem uma largura de 35km cada, e possuem uma inclinação de $+23.8^\circ$ e -23.8° .

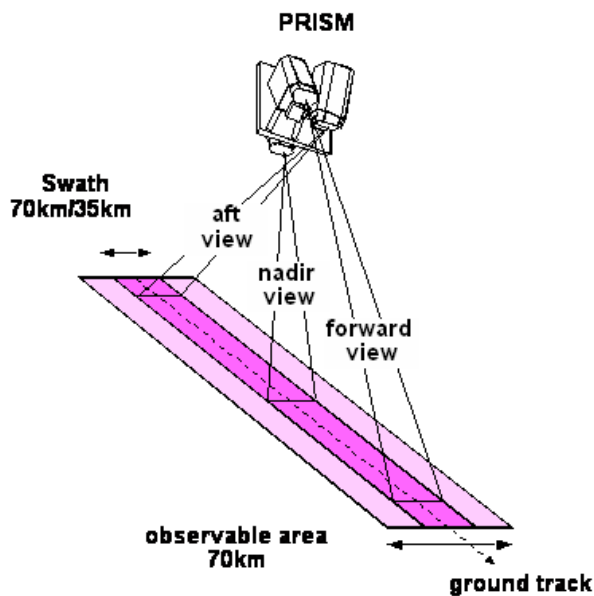


Figura 2 – Sistema de varredura PRISM. FONTE: JAXA (2006)

A imagem nadir possui 6 CCDs alinhados, cada um com dimensão de 4992 pixels distribuídos em 16000 linhas. As imagens backward e forward possuem 8 CCDs alinhados com dimensão de 4982 pixels distribuídos também em 16000 linhas.

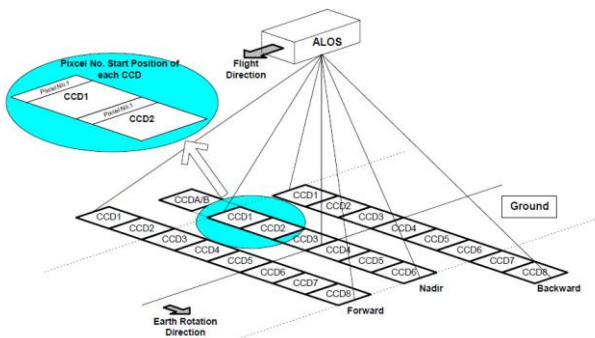


Figura 3 – Geometria do PRISM. FONTE: JAXA (2006)

2 ÁREA DE ESTUDOS

A área de estudos localiza-se no Município de Campo Magro, região metropolitana de Curitiba, Paraná.

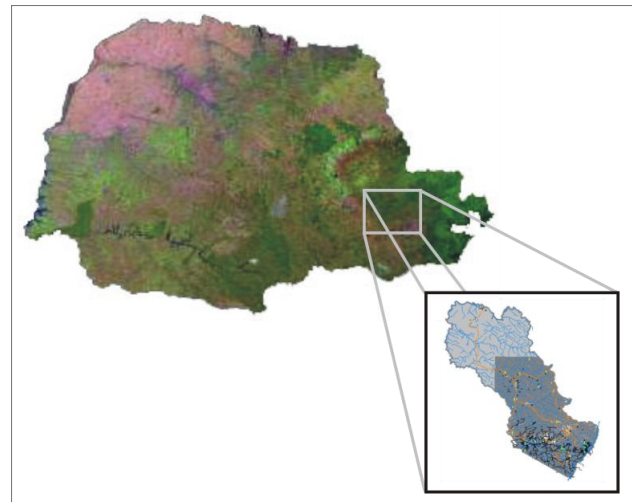


Figura 4 – Geometria do PRISM. FONTE: JAXA (2006)

3 METODOLOGIA

3.1 Pre-processamento

Foi realizado um recorte 1001x1001 em cada imagem do triplet. Posteriormente foram escolhidos 9 pontos de controle e lidas as coordenadas do espaço imagem (Tabela 01) e do espaço objeto (Tabela 02):

Tabela 1 – Coordenadas no espaço imagem em pixel.

Ponto	Nadir		Forward		Backward	
	x	y	x	y	x	y
01	236	200	187	242	274	199
02	116	884	67	888	154	842
03	127	425	78	467	164	426
04	424	79	374	124	462	75
05	958	303	908	348	996	299
06	834	570	784	616	873	565
07	921	824	868	882	962	807
08	565	794	513	849	605	779
09	634	433	585	476	672	432

Tabela 2 – Coordenadas no espaço objeto em metros.

Ponto	N	E	h
01	656333	7194145	942
02	656194	7192358	944
03	656202	7193383	931
04	656953	7194267	954
05	658299	7193709	953
06	657988	7193046	957
07	658194	7192410	1017
08	657315	7192481	1006
09	657488	7193385	942

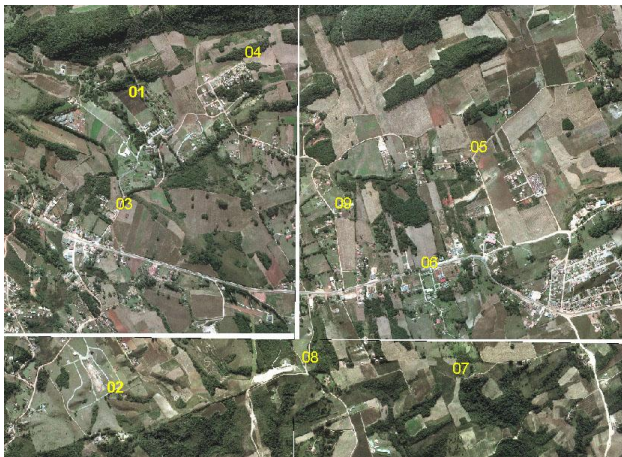


Figura 5 – Pontos de controle. FONTE: ITCG(2000).

3.2 Modelo matemático funcional

A DLT foi inicialmente introduzida por Abdel-aziz e Karara (1971). Baseada nos princípios da equação da colinearidade com a projeção perspectiva a DLT foi inicialmente introduzida por com objetivo inicial de utilizá-la no processo de calibração de câmaras. Jubanski e Mitshita (2004) cita ainda que tanto a DLT como a equação da colinearidade são casos particulares de modelos baseados em razão de polinômios (polinômios racionais).

O modelo matemático tem como objetivo estabelecer a relação entre o sistema de coordenadas do espaço-imagem (coordenadas de linha e coluna da imagem, dado em pixel) e o sistema de coordenadas do espaço objeto (coordenadas geodésicas X, Y e Z), de forma semelhante à equação da colinearidade. Para a DLT, o modelo matemático apresenta-se como a seguir:

$$x = \frac{L_1 * X_C + L_2 * Y_C + L_3 * Z_C + L_4}{L_9 * X_C + L_{10} * Y_C + L_{11} * Z_C + 1} \quad (1)$$

$$y = \frac{L_5 * X_C + L_6 * Y_C + L_7 * Z_C + L_8}{L_9 * X_C + L_{10} * Y_C + L_{11} * Z_C + 1} \quad (2)$$

Onde:

x, y = Coordenadas planas no referencial de imagem em pixel;

X_C, Y_C e Z_C = Coordenadas 3D no referencial Geodésico local;

L₁, L₂, L₃, L₄, L₅, L₆, L₇, L₈, L₉, L₁₀, L₁₁ = Coeficientes de transformação da DLT.

3.3 Modelo estocástico de ajustamento

$$L_a = F(X_a) \quad (3)$$

3.4 Modelo linearizado de ajustamento

$$A * X - Lb = V \quad (4)$$

Onde:

A = Matriz das derivadas parciais em relação aos parâmetros DLT;

X=Vetor dos parâmetros;

Lb = Vetor das observações;

V=Vetor dos resíduos.

3.5 Ajustamento

$$N = A^T * P * A \quad (5)$$

$$U = A^T * P * Lb \quad (6)$$

$$X = N^{-1} * U \quad (7)$$

No método paramétrico utilizado para o ajustamento, modelo matemático funcional foi igualado a zero. Com isso, os valores dos parâmetros da DLT foram obtidos por um ajustamento linear, e por isso, o vetor U é calculado a partir das observações Lb.

4 RESULTADOS

4.1 Parâmetros da DLT

Para o cálculo dos parâmetros da DLT foram introduzidos no programa Registro os valores das coordenadas de imagem e objeto de 9 pontos de controle. Os valores obtidos são mostrados na Tabela 3:

Tabela 3 – Parâmetros da DLT.

	Nadir	Forward	Backward
L ₁	-0.00054707	-0.00084045	-0.00082283
L ₂	-0.00008194	-0.00009644	-0.00010987
L ₃	-0.00151936	-0.00165081	-0.00205063
L ₄	949.670862	1246.55525	1331.79381
L ₅	0.00005373	0.00008382	0.00007795
L ₆	0.00057280	0.00086554	0.00086763
L ₇	-0.00072048	-0.00144115	-0.00039822
L ₈	-4155.74537	-6281.08058	-6293.10512
L ₉	0.00000010	0.00000015	0.00000015
L ₁₀	-0.00000014	-0.00000015	-0.00000015
L ₁₁	-0.00000251	-0.00000250	-0.00000249

4.2 Pontos de checagem

Foram escolhidos 5 pontos de verificação e lidas suas coordenadas no espaço imagem (Tabela 4).

Tabela 4 – Coordenadas no espaço imagem em pixel.

Ponto	Nadir		Forward		Backward	
	x	y	x	y	x	y
01	330	200	280	243	367	198
02	591	316	543	358	629	315
03	812	323	763	366	850	321
04	566	613	516	659	605	609
05	435	615	385	662	475	607

Uma rotina em Matlab foi desenvolvida para o cálculo das coordenadas de terreno do ponto. O mesmo modelo matemático funcional foi utilizado, porém no ajustamento, os parâmetros são as coordenadas dos 5 pontos no terreno.

A tabela 5 mostra as coordenadas calculadas lidas na carta 1:10.000:

Tabela 5 – Coordenadas lidas em metros.

Ponto	N	E	h
01	656728	7193974	947
02	657381	9173681	937
03	657926	7193660	944
04	657319	7192934	962
05	656973	7192952	966

A tabela 6 mostra as coordenadas de terreno calculadas no Matlab:

Tabela 6 – Coordenadas calculadas em metros.

Ponto	N	E	h
01	656730	7193975	945
02	657380	7193683	936
03	657928	7193658	945
04	657320	7192933	960
05	656971	7192953	965

5 CONCLUSÕES

A transformação DLT apresenta-se adequada para tratar imagens, como o triplet do sensor ALOS, pois as diferenças entre as coordenadas calculadas e observadas foram menores que 2,5m, ou seja, inferior ao tamanho do pixel no terreno, como se verifica na Tabela 7:

Tabela 7 – Diferenças entre coordenadas calculadas e observadas em metros.

Ponto	N	E	h
01	2	1	2
02	1	2	1
03	2	2	1
04	1	1	2
05	2	1	1

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à colaboração dos professores Dr. Quintino Dalmolin, Dr. Hideo Araki e Dr. Edson Aparecido Mitishita pelo auxílio na resolução de dúvidas que surgiram no decorrer deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ABDEL-AZIZ, Y. I.; KARARA, H. M. **Direct linear transformation from comparator coordinates into object space coordinates in close-range photogrammetry**. American Society of Photogrammetry Symposium on Close-Range Photogrammetry, Urbana, pp. 1-18, 1971.

GEMAEL, C. **Introdução ao ajustamento de observações: aplicações geodésicas**. Curitiba: Editora da UFPR, 1994. 319p.

JUBANSKI, J. J.; MITISHITA, E. A.; **Avaliação da Determinação de Coordenadas Tridimensionais Extraídas de um Par Estereoscópico “EROS A”, utilizando-se da “Direct Linear Transformation” (DLT)**. Simpósio de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Informação, 2004, Recife, 2004.

LUGNANI, J.B. **Introdução à Fototriangulação**. Curitiba: ed UFPR, 1987, 134p.

MACHADO, A. M. L. **Programa Registro**. UFPR, Curitiba. Versão 2.01.