

INTEGRAÇÃO DE DADOS LASER SCANNER E IMAGEM ORBITAL DE ALTA RESOLUÇÃO VISANDO A MODELAGEM TRIDIMENSIONAL DE EDIFICAÇÕES

EDSON APARECIDO MITISHITA
ALVARO MURIEL LIMA MACHADO
JORGE CENTENO

Universidade Federal do Paraná - UFPR
Centro Politécnico
Departamento de Geomática, Curitiba - PR
{mitishita, alvaroml, centeno}@ufpr.br

RESUMO - Este artigo apresenta uma metodologia para a representação tridimensional urbana baseada na monorrestituição de imagem Quick-Bird, associada com dados laser scanner. Inicialmente os contornos das edificações são aproximados com técnicas matemáticas baseadas na segmentação por Mean Shift e poligonização pelos algoritmos Radial Sweep e Douglas-Peucker e numa segunda fase os contornos são manualmente corrigidos. A representação tridimensional das edificações será obtida com a integração dos dados laser na monorrestituição. A transformação linear direta (DLT) é empregada no processo anterior, sendo os parâmetros previamente determinados com o uso de centróides de edificações regulares como sendo pontos de apoio.

ABSTRACT - This paper describes a methodology based on semi-automatic mono-plotting of a Quick-Bird image, using a laser scanner dataset as geometrical basis, to generate a 3D city model. First, the buildings are detected and their contours are roughly defined applying a segmentation method that uses the Mean Shift, Radial Sweep and Douglas-Peucker algorithms. In a second step, the exact contours of the building are manually edited and errors corrected. Using mono-plotting and the laser scanner dataset, the coordinates of the contours of the buildings, given in terms of image lines and rows, are transformed to a cartographic system and building heights are computed. In the mono-plotting procedure, the direct linear transformation model is used to describe the relationship between image and object spaces and the centroids of rectangular roofs are used as ground control points. In a last step, a wireframe representation of the buildings is generated by extrusion and VRML objects are created.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, imagens orbitais de alta resolução têm sido empregadas para a extração de informações cartográficas para uma grande variedade de aplicações nas engenharias, tais como mapeamentos de rodovias, de cidades, de florestas, atualizações cartográficas e mapeamento tridimensional urbano.

A representação tridimensional urbana, quando comparada com a representação plana, oferece maiores vantagens em muitas aplicações que necessitam de informações da altura dos objetos representados, tais como os sistemas de informações geográficas (GIS), desenvolvidos para aplicação em telecomunicações, planejamento de utilidades públicas e monitoramentos ambiental urbano. Maiores detalhes podem ser vistos em (ZHANG and FRASER, 2005), (WILLNEFF et al., 2005), (POON et al., 2005) e (KOCAMAN, et al., 2006).

A monorrestituição tridimensional de edificações pode ser considerada uma técnica fotogramétrica que apresenta vantagens, quando comparadas com as outras técnicas de obtenção de informação tridimensional urbana, pois possui facilidades operacionais e de baixo

custo nos dias atuais. O modelo matemático que relaciona o espaço-imagem com o objeto, a exatidão dos parâmetros de orientação interior e exterior e a exatidão do modelo digital de superfície definem a exatidão da representação tridimensional de edificações por monorrestituição. Maiores informações ver (MITISHITA et al., 2004)

Os modelos matemáticos não rigorosos que transformam as observações do espaço da imagem para o espaço objeto podem ser uma alternativa aos modelos rigorosos para a execução da monorrestituição tridimensional urbana. Dentre eles, destacam-se a transformação afim de projeção paralela (APM), a transformação linear direta (DLT) e polinômios racionais. Maiores informações ver (MITISHITA e SARAIVA, 2002).

A dificuldade de obtenção do modelo digital de superfície inviabilizava a utilização da monorrestituição digital no mapeamento tridimensional urbano. Entretanto, nos dias atuais, a disponibilidade de dados laser scanner permite com certa facilidade a obtenção de modelos digitais de terreno ou de superfície para a aplicação na monorrestituição tridimensional urbana.

A integração de dados laser scanner com dados de imagem tem possibilitado o desenvolvimento de novas técnicas fotogramétricas que tem como base a automação do processo e menor tempo para execução de tarefas, com base nas características complementares que os dados de imagens e laser possuem. Usualmente, o dado laser permite facilidades matemáticas para a descrição da superfície do objeto a ser representado através de um conjunto de pontos obtidos de forma não seletiva. Por outro lado, a informação de imagem complementa a caracterização do objeto, através de melhor definição de seus contornos. Maiores detalhes ver (GHANMA, 2006).

Este artigo apresenta a metodologia para a representação tridimensional urbana baseada na monorrestituição de imagem Quick-Bird, associada com dados laser scanner. Inicialmente os contornos das edificações são aproximados com técnicas matemáticas baseadas na segmentação por Mean Shift e poligonização pelos algoritmos Radial Sweep e Douglas-Peucker e numa segunda fase os contornos são manualmente corrigidos. A representação tridimensional das edificações será obtida com a integração dos dados laser na monorrestituição. A transformação linear direta (DLT) é empregada no processo anterior, sendo os parâmetros previamente determinados com o uso de centróides de edificações regulares como sendo pontos de apoio.

2 ETAPAS DE TRABALHO

2.1 Orientação exterior

A Transformação Linear Direta (DLT) foi empregada no processo de transformação das observações realizadas na imagem (linha, coluna) para o referencial do espaço objeto (X,Y,Z). O dado laser scanner define o referencial geodésico do espaço objeto. Entidades pontuais, definidas pelos centróides de edificações retangulares foram empregadas como sendo pontos de apoio para a determinação dos parâmetros da transformação envolvida. Maiores detalhes sobre a metodologia aplicada podem ser vista em (MITISHITA, et al., 2008). Trinta e três centróides foram distribuídos por toda imagem e ajustamento MMQ foi realizado para a determinação dos parâmetros da transformação. Os erros médios quadráticos dos resíduos nas coordenadas geodésicas (X,Y,Z) dos pontos centróides utilizados no ajustamento foram 0,392 m em X, 0,309 m em Y e 0,089 m em Z. Outros resultados obtidos no ajustamento são apresentados nas tabelas 01, 02 e figuras 01 e 02.

Tabela 01 – Parâmetros da DLT determinados por ajustamento MMQ

Parâmetro	Valor	Desvio-Padrão
L ₁	0,9899005	0,0250729
L ₂	-0,0211395	0,0005811
L ₃	-0,2358996	0,0182191
L ₄	1408,105	23,2501485
L ₅	-0,0206730	0,0012832
L ₆	-0,9917744	0,0252907

L ₇	-0,0907227	0,0340443
L ₈	1470,508	14,4937680
L ₉	0,0000008	0,0000007
L ₁₀	0,0000001	0,0000003
L ₁₁	-0,0000207	0,0000272

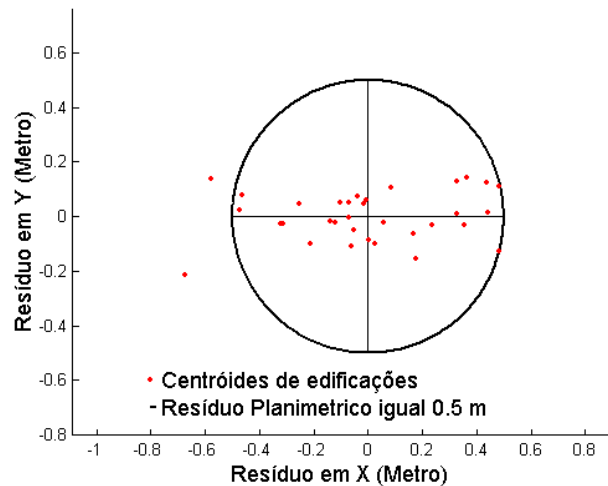


Figura 01. Distribuição dos resíduos planimétricos obtidos no ajustamento

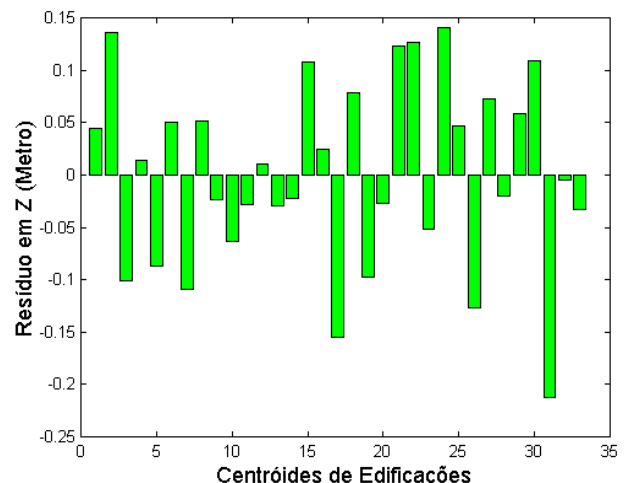


Figura 02. Distribuição dos resíduos altimétricos obtidos no ajustamento

Tabela 02 – Parâmetros de orientação exterior determinados

Escala em x	49231,760
Escala em y	48181,654
Coord. do Pto Principal em x (m)	13258,149
Coord. do Pto Principal em y (m)	4149,499
Parâmetro Phi (°)	-2,227
Parâmetro Omega (°)	0,235
Parâmetro Kappa (°)	15,675
Parâmetro Xô (m)	10135,621
Parâmetro Yo (m)	-3191,361
Parâmetro Zo (m)	48786,974

2.2 Contornos das edificações

Um procedimento semi-automático foi empregado nesta etapa. Inicialmente os contornos das edificações são aproximados com algoritmos computacionais baseados na segmentação e poligonização com base nos algoritmos de Mean Shift, Radial Sweep e Douglas-Peucker. Numa segunda etapa, os contornos são manualmente refinados. Maiores detalhes sobre a metodologia empregada podem ser encontrados em (MACHADO e MITISHITA, 2006). Os resultados finais obtidos com parte dos experimentos realizados são apresentados na Figura 03.



Figura 03 – Resultados da vetorização semi-automática realizada

2.3 Filtragem dos dados laser scanner

Nesta etapa, o dado laser scanner foi matematicamente tratado para a obtenção de um conjunto de pontos que descrevem os limites das edificações. Um simples filtro altimétrico foi desenvolvido para este propósito. Os resultados obtidos são apresentados na figura 04. Maiores informações sobre a metodologia proposta podem ser vistas em (MACHADO e MITISHITA, 2004).

2.4 Monorrestituição tridimensional dos contornos das edificações

Nesta etapa, os vértices que definem os contornos das edificações foram transformados para o referencial geodésico, empregando o processo de monorrestituição e dados laser scanner, previamente determinados na etapa anterior. Maiores detalhes da metodologia proposta podem ser encontrados em (MITISHITA, et. al., 2003) e (MITISHITA, et. al., 2004). São também determinados nesta fase, as alturas médias das edificações com base nos

dados laser scanner. Os resultados obtidos nesta etapa são apresentados na figura 05.



Figura 04. Resultados da seleção de pontos laser que descrevem os limites das edificações

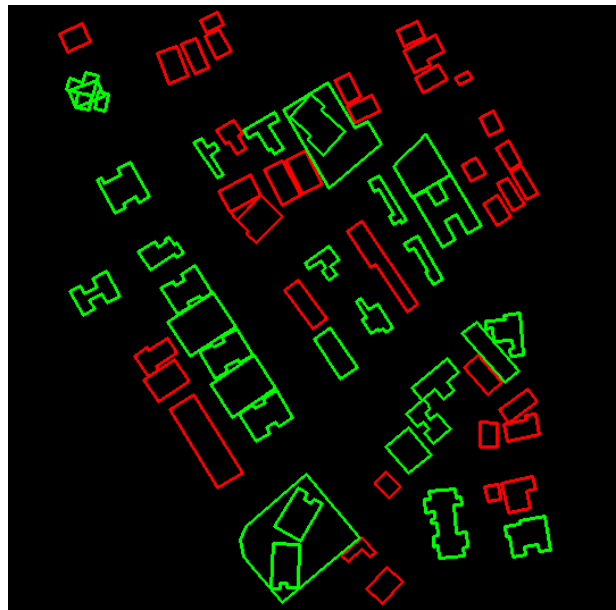


Figura 05. Resultados da monorrestituição das edificações

2.5 Representação tridimensional das edificações monorrestituídas

As representações tridimensionais das edificações são obtidas automaticamente com base nos dados obtidos na etapa anterior. Inicialmente a representação “wireframe” foi gerada e finalmente os objetos VRML foram obtidos com auxílio de rotinas computacionais do programa MicroStation, programadas no aplicativo de MonoPlotter 3D. Os resultados obtidos destas representações são apresentados nas figuras 06, 07 e 08.

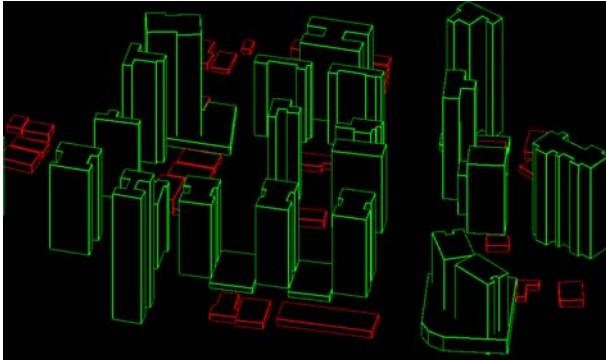


figura 06. Representação tridimensional das edificações (wireframe)

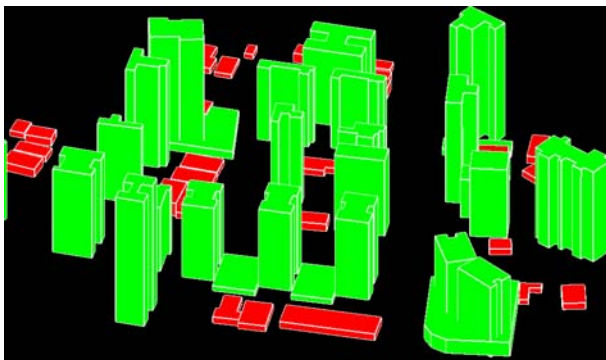


Figura 07. Representação tridimensional das edificações (filled wireframe)

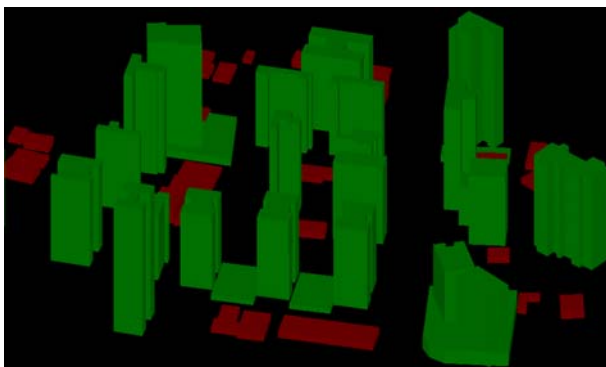


Figura 08. Objetos VRML

3 CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como principal objetivo a apresentação de metodologia desenvolvida para a representação tridimensional de edificações como base em Monorrestituição de imagem orbital de alta resolução e integração de dados laser scanner. As pesquisas realizadas ainda não foram totalmente concluídas, entretanto algumas conclusões podem ser apresentadas:

- A metodologia proposta para a obtenção da representação tridimensional de edificações apresentou facilidades operacionais e grau satisfatório de automação do processo. A maior

deficiência verificada no processo encontra-se ligada com a definição automática dos contornos das edificações. Um elevado trabalho manual foi despendido para a definição dos contornos. Por outro lado, a definição automática dos contornos possibilitou a identificação de edificações pouco visíveis na imagem orbital;

- A filtragem de dados laser scanner para definição dos limites das edificações mostrou-se satisfatória, entretanto o algoritmo baseado somente num filtro altimétrico acabou evidenciando outros objetos tais como arvores, postes e outros objetos que possuem altura equivalente ao limite definido para as edificações o que prejudicou a metodologia proposta para a definição automática dos limites das edificações;
- A metodologia proposta para obtenção de pontos de apoio pontual com base na utilização de centróides de edificações regulares apresentou grandes vantagens se comparada com a metodologia tradicional de busca de detalhes pontuais na imagem;
- Até o presente estágio de pesquisa, não foram realizadas verificações sobre a exatidão obtida na representação tridimensional;
- Apesar de ser empregado um modelo não rigoroso no referenciamento geodésico da imagem orbital, a precisão obtida no ajustamento MMQ para a determinação dos parâmetros foi satisfatória. Entretanto, a verificação da exatidão da representação tridimensional obtida permitirá ter uma melhor avaliação sobre a adequação do modelo na orientação exterior da imagem orbital;
- Pode-se afirmar que foi obtido um grau excelente de automação do processo para a geração dos objetos tridimensionais, após a representação vetorial por monorrestituição já realizada;
- Pesquisas então sendo realizadas para melhorar o processo de identificação automática dos contornos das edificações e filtragem dos dados laser para a definição dos limites das edificações.

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GHANMA, M., 2006. *Integration of Photogrammetry and LIDAR*, PhD Thesis, University of Calgary, Department Of Geomatics Engineering, Calgary, Canada.

Kocaman S., Zhang, L., Gruen, A., Poli, D., 2006. 3D City Modeling from High-resolution Satellite Images, ISPRS Workshop on Topographic Mapping from Space, Ankara, Turkey, 14-16 Feb. (proceedings on CD-ROM).

Machado, A., Mitshita, E., 2004. Tratamento De Dados Laser Para Reconhecimento De Bordas De Edificações. In: I SIMPÓSIO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO, 2004, Recife.

Anais do I Simpósio de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Informação. 2004. v. 1.

Machado, A., Mitishita, E., 2006. Detecção Automática de Contornos de Edificações Utilizando Imagem Gerada por Câmara Digital de Pequeno Formato e Dados LIDAR. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 12, n. 2, p. 215-233, Jul-dez, 2006.

Mitishita E., Saraiva, C., 2002. Modelos Matemáticos para Fins de Monorestituição de Imagens de Alta Resolução Ikonos 2 - Geo. In: AL., Edson Aparecido Mitishita et al., 2002(Org.). **Série em Ciências Geodésicas - Pesquisas em Ciências Geodésicas - 2002**. Curitiba, 2002, v. 2, p. 131-151.

Mitishita, E., Saraiva, C., Machado, A., 2003. Monorestituição de Imagens de Satélite de Alta Resolução IKONOS 2 (Geo), Utilizando-se da Transformação DLT e Modelo digital do Terreno. In: XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2003, Belo Horizonte - MG. **XI SBSR**. 2003. v. 1, p. 357-364.

Mitishita, E.; Machado, A.; Habib, A.; and Gonçalves, G., 2004. 3D Monocular Restitution Applied to Small Format Digital Airphoto and Laser Scanner Data. XXth ISPRS Congress, 12-23 July 2004, Istanbul, Turkey, Vol. XXXV, Part B3, pp. 70-75.

Mitishita, E., Habib, A., Centeno, J., Machado, A., Lay, J., Wong, C. Photogrammetric and LIDAR data integration using the centroid of a rectangular building roof as a control point. *The Photogrammetric Record* 23(121): 19–35 (March 2008)

Poon, J., Fraser, C.S., Zhang, C., Zhang, L. and Gruen, A., 2005. Quality assessment of Digital Surface Models generated from Ikonos Imagery. *Photogrammetric Record*, 20(110): 162-171.

Zhang, C. and Fraser, C., 2005. Automated registration of high resolution satellite imagery for change detection. *IAPRS* (Eds. C. Heipke, K. Jacobsen & M. Gerke), ISSN 1682-1777, Hannover,Germany, Vol. 36, Part I/W3, 5 pages (on CD-ROM).

Willneff, J., Poon, J. and Fraser, C.S., 2005. Single-Image High-Resolution Satellite data for 3D information extraction. *IAPRS* (Eds. C. Heipke, K. Jacobsen & M. Gerke), ISSN 1682-1777, Hannover,Germany, Vol. 36, Part I/W3, 6 pages (on CD-ROM).