

# GERAÇÃO AUTOMÁTICA DE MODELO DIGITAL DE SUPERFÍCIE UTILIZANDO MÚLTIPLAS IMAGENS

RAQUEL ALVES DE OLIVEIRA<sup>(1)</sup>  
ANTONIO MARIA GARCIA TOMMASELLI<sup>(2)</sup>

Universidade Estadual Paulista - Unesp  
Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT

<sup>(1)</sup> Bolsista Fapesp – Mestrado - PPGCC

<sup>(2)</sup> Departamento de Cartografia, Presidente Prudente - SP  
raquel88@gmail.com, tomaseli@fct.unesp.br

**RESUMO** - A geração de Modelos Digitais de Superfícies (MDS) a partir de imagens ópticas é explorada há muitos anos e tem se desenvolvido com a evolução computacional e de novos algoritmos, tornando-se importante para as aplicações em que seja necessário o conhecimento das elevações da superfície terrestre. O objetivo deste trabalho é comparar duas técnicas diferentes de geração de MDSs: a primeira técnica obtém o modelo de superfície a partir de varredura a laser e a segunda técnica baseia-se na utilização de várias imagens ópticas simultaneamente no processo de correspondência utilizando o método de busca na vertical (*Vertical Line Locus*). Neste método, parte-se do referencial do terreno para realizar a busca no espaço imagem e espera-se que a precisão da correspondência aumente com a utilização da intersecção de mais de dois raios, ao contrário da utilização de busca em pares de imagens. Os resultados preliminares indicam que a precisão é equivalente à da varredura a laser e as maiores diferenças estão em áreas de vegetação alta.

**Palavras chave:** Modelo digital de superfície, correspondência por busca na vertical.

**ABSTRACT** - The generation of Digital Surface Models (DSM) from optical images has been explored for many years. DSMs are essential for applications requiring ground elevations. The aim of this study is to compare two different techniques: in the first technique the surface model is obtained by laser scanning and the second technique is based on the use of several optical images simultaneously, with a matching process called Vertical Line Locus. In this method correspondence is computed for search areas in the images, defined by projecting points in a vertical line in the object space. It is expected an increase in the accuracy of correlation with the use of more than two intersecting rays when compared with correspondence techniques using pairs of images. Preliminary results show that the accuracy of DSM generated from optical images are comparable to those obtained by laser scanning and the greatest discrepancies were observed in high vegetation areas.

**Key words:** Digital surface model, Vertical line locus.

## 1 INTRODUÇÃO

Várias áreas do conhecimento, como a Cartografia e modelagem espacial ambiental, requerem um conjunto de dados geográficos que representem a superfície do terreno. A preocupação com a representação da informação espacial é antiga. Desde a década de 1950, muitas técnicas de representação digital de terreno têm sido desenvolvidas graças aos avanços da tecnologia e da computação gráfica. Os computadores tornaram-se, então, um importante meio para a representação digital da superfície do terreno e a representação por curvas de nível deixou de ser a única forma.

As superfícies digitais têm como objetivo representar superfícies contínuas de forma discreta a partir de uma quantidade finita de dados (amostras) e podem ser representadas matematicamente e graficamente. As formas mais comuns de representações gráficas do relevo são as grades regulares ou as grades irregulares. Uma representação digital da superfície é mais conhecida como Modelo Digital de Terreno (MDT) ou *Digital Terrain Model* (DTM). Mikhail, Bethel e McGlone (2001) definem Modelagem Digital de Terreno como sendo uma representação digital da superfície terrestre através de um conjunto de pontos. Outros termos foram criados para a modelagem de terreno, como

Modelo Digital de Elevações (MDE) e Modelo Digital de Superfície (MDS). Para Paparoditis e Polidori, (2002), o MDE é um termo geral usado para representar qualquer tipo de dados de elevação da superfície da terrestre. O MDT refere-se a um tipo específico de MDE, que representa a superfície física do terreno, não incluindo objetos acima do mesmo, tais como vegetação e feições antrópicas. Ao contrário, quando a informação contém a maior elevação de cada ponto, proveniente do solo ou acima de área de terreno, o modelo é chamado de Modelo Digital de Superfície (MDS).

As fontes de dados para a geração de um MDS podem ser curvas de nível digitalizadas, levantamentos realizados em campo, métodos fotogramétricos aplicados sobre imagens aéreas ou em imagens de satélite e, também, são utilizados dados provenientes de radar e varredura a laser. A partir da representação do relevo é possível realizar uma análise e modelagem topográfica detalhada, gerar mapas de declividade ou geológicos, extrair perfis do terreno, realizar cálculos para projetos de engenharia e servir como fonte de dados para sistemas de informações geográficas. A principal etapa na geração de MDSs a partir de imagens envolve os métodos de correspondência de imagens. Atualmente estes métodos permitem a extração de muitos pontos em um tempo de execução relativamente baixo o que contribui para o melhoramento da geração automática de MDSs. Métodos considerando a correspondência simultânea entre múltiplas imagens e não apenas pares de imagens como nos métodos tradicionais, permitem a geração de uma densidade de pontos comparável à nuvem de pontos obtidos por varredura a laser.

Haala et al. (2010) fizeram uma comparação da qualidade de MDSs gerados a partir de imagens obtidas com uma câmara analógica (GSD 8cm), uma câmara digital (GSD 8cm) e a partir de dados de varredura laser. Os autores utilizaram a abordagem de correspondência por múltiplas imagens e os resultados evidenciaram a melhoria na qualidade do MDS devido ao aumento da qualidade das imagens obtidas por câmaras digitais. Além disso, a qualidade da correspondência, por múltiplas imagens digitais, possibilitou a obtenção de modelos com qualidade comparável ao modelo gerado a partir da varredura a laser (HAALA et al, 2010).

Neste sentido o objetivo deste trabalho é estudar, implementar e avaliar experimentalmente uma metodologia para a geração de Modelos Digitais de Superfície a partir de múltiplas imagens e comparar os resultados do produto gerado ao produto obtido com dados laser.

## 2 GERAÇÃO AUTOMÁTICA DE MODELO DIGITAL DE SUPERFÍCIE

Embora os algoritmos e as estratégias usadas nas estações fotogramétricas para geração automática de MDSs, em geral, sejam diferentes para cada estação, a acurácia e os problemas encontrados são muito similares

na maioria dos sistemas (EL-SHEIMY, VALEO e HABIB, 2005).

Uma das principais dificuldades na extração automática de feições na fotogrametria digital é a determinação automática das coordenadas imagens de pontos correspondentes para o cálculo das coordenadas no sistema de referência do terreno. Este tópico é definido como correspondência de imagens (*image matching*) que tem como objetivo encontrar fenômenos correspondentes em diferentes imagens (EL-SHEIMY, VALEO e HABIB, 2005). Os métodos mais comuns são aqueles baseados em áreas ou feições usando a correlação de uma pequena janela de imagem entre pares de imagens.

Os métodos de busca no espaço imagem baseiam-se na determinação de pontos homólogos por correspondência de pares de imagens. Após encontrar os pares homólogos, executa-se a interseção fotogramétrica para obter as posições tridimensionais destes pontos no espaço objeto. Uma vez que a busca é realizada em pares de imagens, ao final do processo é necessário combinar os resultados, utilizando, por exemplo, uma média das elevações obtidas para um mesmo ponto em diferentes pares.

Técnicas como a normalização de imagens (reamostragem das imagens para linhas epipolares) normalmente são utilizadas para a redução do espaço de busca no processo de correlação. Outra técnica complementar utiliza um procedimento hierárquico (COSTA et al, 2007). Neste caso, gera-se o que é conhecido como pirâmide de imagens, ou seja, faz-se uma reamostragem das imagens em níveis com diferentes resoluções e inicia-se o processo de correspondência do nível de resolução mais baixa (“topo da pirâmide”) até chegar ao nível com a maior resolução. Para cada nível da pirâmide, realiza-se a varredura por linhas da imagem, aplicando o processo de correspondência em pontos previamente analisados e que apresentam alta variância bidirecional. Na sequência, é realizado o adensamento do modelo gerado, utilizando a pirâmide de imagens. Uma desvantagem do método de normalização de imagens é a reamostragem da imagem, realizando, assim, algum tipo de suavização, o que pode comprometer, ainda que pouco, a resolução e os processos de correspondência.

Outras técnicas podem ser exploradas, como a correspondência por *Vertical line locus* que trabalha a partir do espaço objeto reduzindo o espaço de busca pelo tamanho da vertical considerada e obtém as coordenadas tridimensionais sem a necessidade da interseção fotogramétrica.

### 2.1 Vertical Line Locus

O método *Vertical Line Locus* (VLL) foi proposto por Gyer (1981). Este método proporciona uma restrição geométrica para o espaço de busca no processo de correspondência de imagens. A correspondência é realizada através da correlação de janelas selecionadas e centradas em pontos no espaço objeto, ao longo da

projeção de uma linha vertical. Pode-se considerar esta técnica como similar à usada pelos operadores em restituidores analógicos, que movimentam a intersecção das hastes mecânicas para buscar o ponto onde as marcas flutuantes coincidam com as feições homólogas.

Para a execução desta técnica é necessário que os parâmetros de orientação exterior (POE) de cada imagem sejam conhecidos e que se conheçam elevações aproximadas do terreno. Pode-se usar um valor médio de altitude, mas isto aumenta o custo computacional e as possibilidades de falsas correspondências. Estes valores também podem ser gerados em um processo hierárquico.

Determina-se um valor máximo e mínimo para o espaço de busca da elevação e um valor  $\Delta Z$  (incremento para Z) de acordo com a acurácia desejada, bem como o espaçamento amostral. As coordenadas fotogramétricas de um ponto são calculadas a partir das equações de colinearidade em cada imagem que o ponto aparece fixando-se sua posição planimétrica (X e Y) e considera-se um valor de elevação aproximado. As coordenadas fotogramétricas são transformadas para coordenadas coluna, linha; criam-se janelas em torno do ponto e calcula-se a similaridade entre elas. Este procedimento é realizado para cada valor de  $Z_k$  (Equação 1)

$$Z_k = Z_0 + i \cdot \Delta Z \quad (1)$$

Seleciona-se a elevação  $Z_k$  que obtiver o maior grau de similaridade. Esta será a elevação estimada  $Z_P$  para o ponto P.

Deve ser escolhido um método de correspondência para a comparação entre as janelas. A Figura 1 ilustra o procedimento (VLL). Nota-se que os pontos ao longo da vertical possuem a mesma localização planimétrica (X e Y), mas elevações diferentes e que a porção destacada (cor preta) possui a elevação que se deseja determinar.

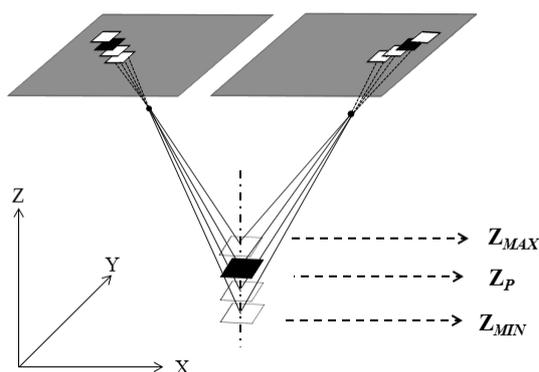


Figura 1: Método *Vertical Line Locus*.

Ao utilizar o método VLL é importante levar em consideração que os valores de altitudes aproximadas não devem ser muito distantes do real, pois a convergência pode ser comprometida e o custo computacional muito alto. Um valor de  $\Delta Z$  pequeno aumenta a acurácia da correspondência, mas o tempo de execução do processo também se eleva.

O VLL pode ser utilizado não apenas em um par de imagens, mas considerando mais de duas imagens simultaneamente, como mostra a Figura 1. O método também permite o trabalho com qualquer tipo de modelo de sensor e não apenas sensores de quadro. Uma desvantagem é o alto custo computacional.

## 2.2 Filtragem

Após calcular o MDS, alguns pontos apresentam-se como picos (elevação muito acima da real) ou vórtices (muito abaixo) quando comparados com pontos vizinhos. Estes pontos são conhecidos como pontos espúrios e ocorrem, por exemplo, devido a problemas de falsa correlação. Para a remoção destes pontos podem ser utilizados filtros especiais baseados na vizinhança. Além de diminuir a presença de erros grosseiros a filtragem pode ser utilizada para remover elementos acima do terreno e que não são pontos espúrios como arbustos, edificações ou postes, obtendo-se o MDT a partir do MDS.

Para a escolha dos filtros é necessário realizar experimentos verificando seu comportamento para as diferentes classes presentes no terreno e, com isso, determinar os limiares ideais para cada caso. Isto é necessário, pois a filtragem realiza uma suavização generalizada na superfície. Os filtros podem ser desde uma simples mediana, como filtros para classificação e exclusão de regiões de sombra utilizado por Costa et al, 2007, filtros que consideram a declividade do terreno, filtros considerando uma superfície de tendência e filtros baseados na classificação prévia das imagens (MIYOSHI, TOMMASELLI e GALO, 2009).

## 3 METODOLOGIA

O objetivo principal deste trabalho consistiu em implementar e testar experimentalmente o método VLL para a geração de Modelos Digitais de Superfície, verificando a qualidade do produto gerado, ao se considerar a abordagem de múltiplas imagens, através da comparação com dados obtidos por varredura a laser.

O método descrito na seção 2.1 foi implementado na linguagem C/C++. Para os testes foram selecionadas seis imagens digitais nas proximidades da FCT/UNESP campus de Presidente Prudente, pertencentes a duas faixas do voo (três imagens em cada faixa). Estas imagens foram tomadas com uma câmara Hasselblad H4D com resolução de 60 megapixels. Na Tabela 1 são apresentadas as principais características das imagens. Para o levantamento de pontos de apoio e de verificação foi utilizado um receptor GNSS Hiper GGD. A fototriangulação foi realizada no software LPS (*Leica Photogrammetry Suite 11.0.2*) obtendo-se os POEs de cada imagem.

Após realizar a fototriangulação foram utilizados todos os pontos de apoio e de verificação e os pontos fotogramétricos estimados para interpolar uma grade

regular com altitudes que serviu como um MDT inicial para o programa VLL.



Figura 2 – Localização dos pontos de apoio.

A Figura 2 apresenta a localização aproximada dos pontos coletados em campo e a Figura 3 mostra a distribuição dos pontos em todas as imagens envolvidas no trabalho.

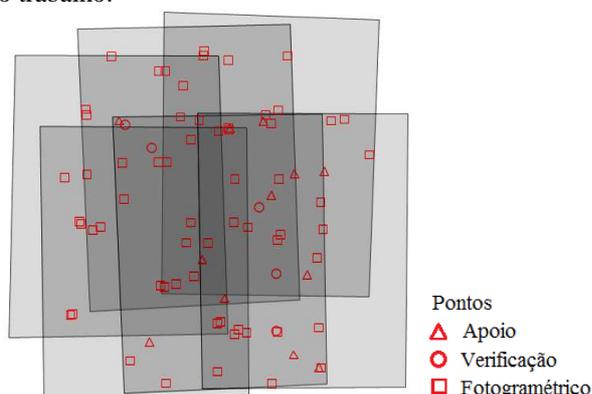


Figura 3: Distribuição dos pontos nas imagens.

Tabela 1: Especificações das imagens.

<b>Distância Focal</b>	50,88998 mm ± 1,3429 μm
$x_0$	0,00216 mm ± 0,57877 μm
$y_0$	0,00076 mm ± 0,54068 μm
$k_1$	$-3,37355e^{-07} \text{ mm}^{-2} \pm 2,6e^{-08} \text{ mm}^{-2}$
$k_2$	$-1,01373e^{-09} \text{ mm}^{-4} \pm 5,3e^{-11} \text{ mm}^{-4}$
$k_3$	$1,06346e^{-12} \text{ mm}^{-6} \pm 3,3e^{-14} \text{ mm}^{-6}$
<b>Tamanho do pixel</b>	6,0 x 6,0 μm
<b>Tamanho imagem</b>	8956 x 6708 pixels
<b>GSD</b>	7 cm
<b>Altitude de voo</b>	950m

A interpolação foi realizada pelo método de Krigagem gerando-se uma grade com espaçamento de 25cm. Além disso, para a geração dos modelos foi delimitada uma pequena área de 100 x 50 metros que está presente nas seis imagens e que apresenta as principais classes, como edificações, áreas homogêneas, árvores altas, árvores baixas e arbustos (Figura 5a).

No processo de correlação de imagens foi utilizado um fator considerado como coeficiente global de

correlação. Este coeficiente é resultado da média dos coeficientes calculados a partir de todas as combinações possíveis entre os recortes feitos nas imagens em que um determinado ponto aparece. Sendo assim, se um ponto está presente em seis imagens, são feitos seis recortes de tamanho pré-determinado, centrados no ponto em questão e são calculados quinze coeficientes de correlação entre as combinações de recortes.

Os coeficientes são comparados a um coeficiente de correlação mínimo aceitável, definido empiricamente. Caso seja menor que este valor, é descartado do cálculo do coeficiente global e do desvio padrão entre os coeficientes que passaram no teste. Esta verificação foi feita para cada valor de altitude durante seu incremento do valor mínimo até o máximo considerado. Por fim tem-se para cada valor de Z um coeficiente global de correlação e seu desvio-padrão. O algoritmo realiza uma interpolação bilinear para determinar o valor da altitude quando não há valores mínimos aceitáveis para o coeficiente global de correlação para os diferentes valores de altitude do intervalo.

Para verificar quantitativamente a qualidade do MDS obtido, gerou-se uma grade regular, também com espaçamento de 25 cm, a partir dos dados de varredura a laser e fez-se a subtração entre esta superfície e os MDSs gerados pelo método VLL. Os pontos laser foram obtidos no mesmo voo das imagens, utilizando o scanner RIEGL LMS-Q680i, com uma densidade de 8 pontos/m<sup>2</sup>. O programa implementado gera uma imagem variando os tons de cinza de acordo com as altitudes, para permitir a visualização. Além disso, os MDSs gerados foram transformados em arquivos no formato *.las* (comum para dados laser) e visualizados tridimensionalmente no programa *LASEdit* (CLOUD Peak Software, 2012), versão de demonstração. Para os demais procedimentos com os arquivos no formato *las* foi utilizado o *software LasTools*.

#### 4 EXPERIMENTOS E RESULTADOS

Para a realização dos experimentos as imagens foram convertidas para tons de cinza e rotacionadas, fazendo com que as duas faixas ficassem com a mesma orientação. Neste método as janelas de referência e de busca possuem o mesmo tamanho. Assim, para verificar a influência desta dimensão, foram gerados MDSs a partir de diferentes tamanhos de janelas de correlação. Foram utilizadas janelas de 9x9 pixels, 15x15 pixels e 25x25, pixels gerando três modelos diferentes. Além disso, foi gerado um MDS considerando apenas duas imagens e com janelas de 25x25 pixels para correlação. O valor mínimo aceitável para os coeficientes que fazem parte do cálculo do coeficiente global de correlação foi de 0,7 e um desvio padrão máximo de 0,3. A Figura 5 apresenta as imagens geradas a partir das elevações calculadas em cada teste, onde os valores de altitudes foram representados em tons de cinza, que ficam mais claros quanto maior a altitude, e mais escuros com a diminuição

da altitude. As Figuras 5(b), 5(c), 5(d) foram obtidas a partir da correlação considerando janelas de 9x9, 15x15 e 25x25 pixels, respectivamente. A Figura 5(e) foi gerada considerando apenas duas imagens e janelas de 25x25 pixels. A Figura 5(f) representa a imagem hipsométrica dos dados de varredura a laser interpolados com um espaçamento de 25cm e visualizados no programa *LASEdit*. As Figuras 5(g), 5(h), 5(i) e 5(j) representam, respectivamente, as imagens hipsométricas dos pontos obtidos a partir da correlação considerando janelas de 9x9, 15x15 e 25x25 pixels e considerando apenas duas imagens e janelas de 25x25 pixels.

As imagens da Figura 5 mostram que há mais ruídos ao considerar uma janela de correlação pequena, mas, por outro lado, texturas como a dos telhados são recuperadas. Verifica-se que as árvores de grande porte estão representadas com tonalidade similar ao tom que representa o terreno, ou seja, suas altitudes estão similares às do terreno. Este fato indica que nesta área os valores de altitudes foram interpolados, isto devido à ausência de correlação. Além disso, as Figuras 5(e) e 5(j), correspondentes ao modelo gerado apenas com duas imagens, apresentam maior suavidade na textura, apontando menor detalhamento das elevações da superfície em comparação com múltiplas imagens.

Para a análise comparativa da diferença entre os MDSs gerados e os dados de varredura laser foram escolhidas quatro classes diferentes e extraídas altitudes, em cada modelo, de pequenas áreas representando cada classe. A Figura 4(a) representa a área utilizada como amostra para a classe pavimento, a Figura 4(b) para a classe de vegetação homogênea e a Figura 4(c) para árvore de grande porte. Para a extração das amostras de pontos foi implementado um algoritmo em C/C++ para percorrer um arquivo contendo coordenadas e realizar a separação dos pontos pertencentes a um polígono, que deve ter seus cantos fornecidos previamente.

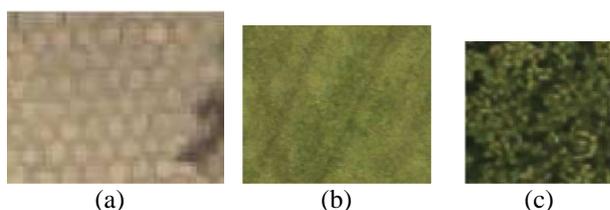


Figura 4: Classes extraídas para comparação de altitude (a) pavimento; (b) vegetação homogênea; (c) árvore de grande porte.

A Tabela 3 apresenta as médias e os desvios padrão dos resíduos obtidos na comparação de cada classe e em cada MDT gerado, comparação esta realizada com a nuvem de pontos laser.

Os resultados da Tabela 3 mostram que, em geral, a classe de vegetação homogênea apresentou menores discrepâncias em todos os experimentos, quando comparada às outras classes e que, como se verificou através da análise visual, na classe árvore alta ocorreram as maiores discrepâncias, chegando a uma média maior

que 9 metros em todos os produtos gerados pela técnica.

Tabela 3: Média e desvio-padrão para cada classe.

		JAN9	JAN15	JAN25	MOD JAN25
PAVIMENTO	Média(m)	-0,057	-0,318	-0,357	-0,542
	$\sigma$ (m)	1,123	0,629	0,397	0,280
VEGETAÇÃO HOMOGÊNEA	Média(m)	-0,268	-0,299	-0,363	-0,380
	$\sigma$ (m)	0,707	0,287	0,138	0,051
ÁRVORE GRANDE	Média(m)	9,824	9,682	9,602	9,353
	$\sigma$ (m)	1,843	1,572	1,533	1,445

Para todas as classes os menores desvios foram obtidos no produto gerado com apenas um par de imagens, o que já se esperava devido a maior homogeneidade das imagens geradas a partir deste MDS. No entanto, analisando a média e o desvio padrão nota-se que o modelo gerado com múltiplas imagens e janelas 25x25 apresentaram os melhores resultados. As grandes diferenças obtidas para a classe com maior elevação (árvores) podem estar ligadas a dificuldade de correlação quando se tem padrões com diferentes respostas de iluminação e presença de sombras como as folhas das árvores. Outro fator pode ser o tamanho adotado para o intervalo de variação da altitude, que neste caso em todos os experimentos foi de 6 metros e na realidade há diferenças de elevações entre terreno e topo de árvores que chegam a até 15 metros de diferença.

## 5 CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho foi estudar a geração de MDSs a partir da técnica VLL, com abordagem de múltiplas imagens, investigando seus resultados utilizando diferentes tamanhos de janelas para a correlação de imagens e comparar os produtos gerados com dados de varredura a laser. A partir dos resultados obtidos preliminarmente concluiu-se que a técnica de busca na vertical considerando a correlação de múltiplas imagens simultaneamente apresenta potencial para geração de MDSs com resolução e exatidão similares aos obtidos por varredura a laser. Os resultados foram superiores ao considerar seis imagens e não apenas um par. Verificou-se a necessidade de uma adaptação na técnica para casos em que não se encontra correlação, como o aumento do espaço de busca na vertical e uma variação no tamanho das janelas para a correlação e não apenas um tamanho fixo em toda a região do modelo. Também deve-se implementar um processo hierárquico para a geração do MDS bem como etapas adicionais de filtragem para eliminação de pontos espúrios.

## AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem a FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa de São Paulo), pelo auxílio financeiro concedido ao projeto, por meio de uma bolsa de Mestrado (Processo número 2010/14444-0).

## REFERÊNCIAS

COSTA, E. R.; TOMMASELLI, A. M. G.; GALO, M. Geração automática de modelos digitais de terreno a partir de imagens obtidas por câmaras digitais. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, R.J, 2007, v. 59, n. 3, p. 151-170

EL-SHEIMY, N.; VALEO, C.; HABIB, A. **Digital terrain modeling**: acquisition, manipulation, and applications. Artech House, 2005. 257p.

GYER, M., Automated Stereo Photogrammetric Terrain Elevation Extraction, Tech. Report, Gyer and Saliba Inc., 1981.

HAALA, N; CRAMER, M.; JACOBSEN, K. The german camera evaluation project - results from the Geometry group. In: ISPRS, Calgary. **International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**. Calgary: ISPRS, 2010, v. XXXVIII.

CLOUD Peak Software, *LASEdit Utility* versão 1.15.1 (*Free Demo*). Disponível em:

<<http://www.cloudpeaksoftware.com>>. Acesso: 10 maio 2012.

MIKHAIL, E. M., BETHEL, J. S. MCGLONE, J. C. **Introduction to Modern Photogrammetry**. Inc. New York: John Wiley & Sons, 2001, 479p.

MIYOSHI, J. T., TOMMASELLI, A. M. G, GALO, M. Geração automática de modelo digital de terreno com estratégias baseadas em segmentação e classificação. In: VI Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas, 2009, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2009. v.1. p.1 – 2.

PAPARODITIS, N.; POLIDORI, L. DSM quality: internal and external validation. In: EGELS, Y.; KASSER, M. **Digital Photogrammetry**. 1. ed. New York: Taylor & Francis, 2002. 351p.

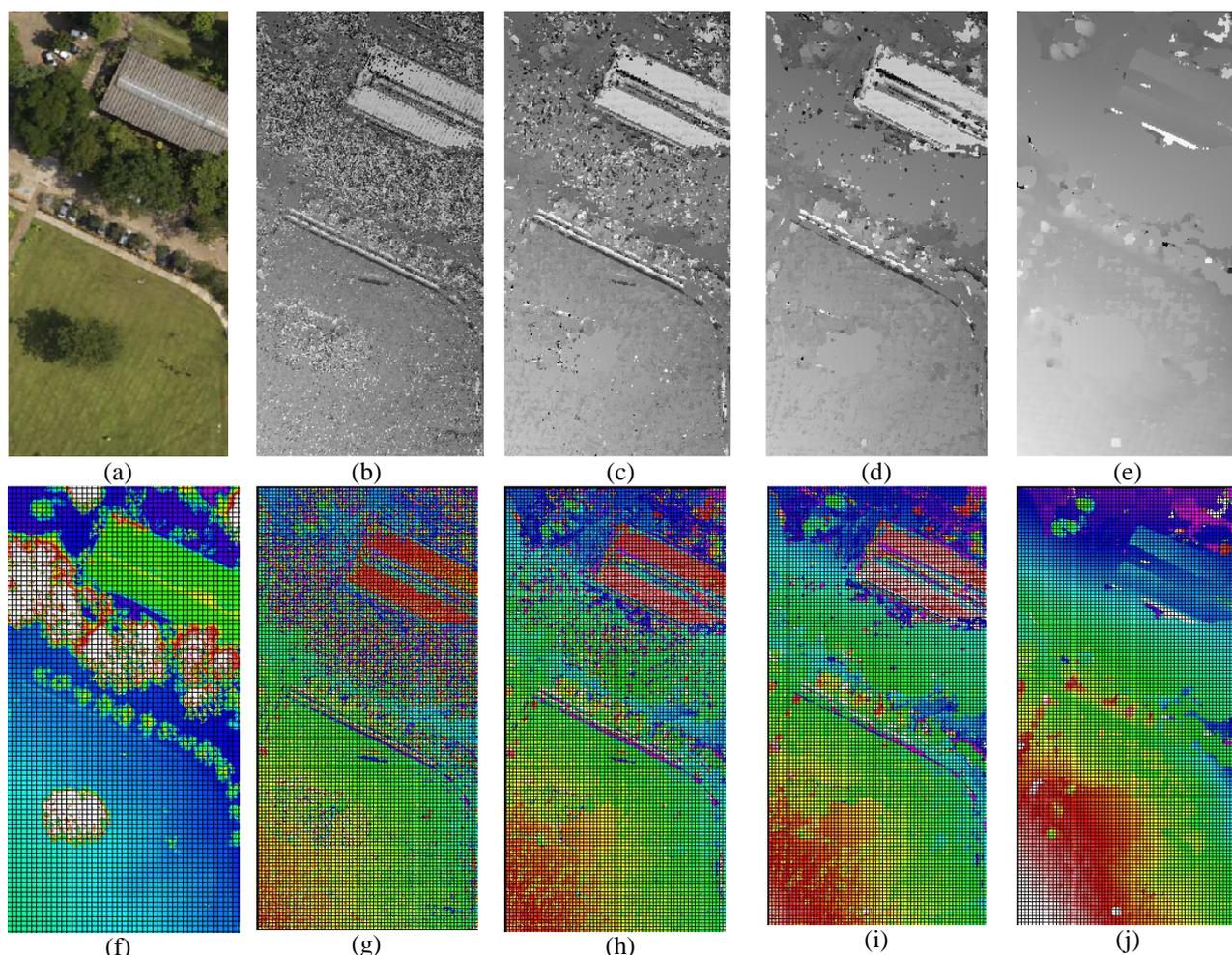


Figura 5:(a) Recorte da imagem original da área em que foram gerados os MDSs. Imagens em tons de cinza dos MDSs gerados com janelas de correlação (b) 9x9; (c)15x15; (d) 25x25pixels; (e) apenas duas imagens e janelas de 25x25pixels.(f) Imagem hipsométricados pontos laser da área correspondente. Imagens hipsométricas dos MDSs obtidos(g)9x9; (h) 15x15; (i) 25x25pixels; (j) apenas duas imagens e janelas de 25x25pixels.