

## Detecção automática de contornos de edificações a partir de dados LIDAR

Gelisa Maria dos Santos<sup>1</sup>  
Bruno da Cunha Bastos<sup>1</sup>  
Ariana de Oliveira Maciel<sup>1</sup>  
Tiago Gomes Ditzel<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Engefoto Engenharia e Aerolevantamentos  
Caixa Postal 96 - 13416-000 - Curitiba - PR, Brasil  
gelisa@engefoto.com.br  
bruno@engefoto.com.br  
ariana@engefoto.com.br  
tiagoditzel@engefoto.com.br

**Abstract.** Due the advance of lidar technology, laser data have become promising information in studies of urban areas. The laser profile allows to obtain fast and accurate three-dimensional information about the raised area and a wealth of details such as roads, courts, buildings, vegetation, among others. But in this case, the difficulty presented that the identification of nearby objects in a similar quota, such as buildings and trees. This paper aims to demonstrate a methodology for automatic extraction of contours of the roof using laser point cloud in an urbanized area by applying automatic routines of commercial software TerraScan (TerraSolid). The methodology is based primarily on the extraction of the Digital Terrain Model (DTM) and in the lowest classification of vegetation, so that points above the ground will not be confused with the buildings. In the sequence procedure with the routine classification of buildings that is based on the classification of points that form a sort of flat surface, and finally it is the automatic vectorization of the outlines of the roofs in the classification. It is observed excellent results with laser data when compared to conventional methods, however the Digital Surface Model (DSM) generated by the LIDAR system still has a deficiency in morphological respect to defining the edges of buildings, generating contours simplified making it necessary to manually edit them.

**Palavras-chave:** remote sensing, digital model elevation, classification, buildings, sensoriamento remoto, modelo digital de elevação, classificação, edificações

### 1. Introdução

Devido ao grande interesse da comunidade científica e dos profissionais da área de levantamentos pela obtenção automática e rápida de modelos tridimensionais das áreas urbanas, tem-se realizado muitas pesquisas em torno do assunto. Entretanto, verifica-se duas problemáticas sobre o tema, uma questão é a técnica utilizada para a obtenção desses dados, e a segunda, as rotinas programacionais desenvolvidas para este fim. Visto que, os métodos convencionais de levantamentos, no que diz respeito à extração de feições antrópicas (edificações, vias, obras de arte etc.), são demasiadamente demorados e com baixo grau de automação.

Com o advento da tecnologia LIDAR (*Light Detection and Ranging*), mais precisamente, sistemas laser aerotransportados, o tempo e a facilidade na forma de obtenção de informações da superfície terrestre foram praticamente superados, no entanto, rotinas para a definição automática com precisão e eficiência das bordas de objetos planos (como por exemplo, contornos das edificações) estão em pleno desenvolvimento.

MAYER (1999) e SHUFELT (1999) pesquisaram sobre o estado da arte das técnicas de extração automática de edificações. Ambos concluíram que um sistema totalmente automático ainda está longe de ser desenvolvido. Por outro lado, as abordagens semi-automáticas vêm se tornando importantes (SAHAR e KRUPNIK, 1999).

De acordo com AXELSSON (1999), o tratamento dos dados laser frequentemente visa remover as medidas indesejadas, quer em forma de medições erradas ou objetos, dado um modelo específico. Retirar medições indesejadas, como no caso de encontrar uma superfície que represente adequadamente o terreno, a partir de uma mistura de informações (vegetação,

edificações etc.), é referido neste contexto como filtragem. Encontrar um elemento geométrico específico, como edifícios ou vegetação, é denominado de classificação e a generalização dos objetos classificados é conhecida como modelagem. Filtragem, classificação e modelagem são assim definidos de acordo com objetivo e não o método. Por esta razão, acredita-se que os dados originais (MDE - Modelo Digital de Elevação) devam ser utilizados em todo o processo.

Neste trabalho foi utilizado o MDE e as rotinas automáticas disponíveis no *software* comercial TerraScan (TerraSolid), as quais proporcionaram a obtenção da modelagem digital do terreno e a modelagem tridimensional das edificações de forma rápida e adequadas a realidade quando comparadas planimetricamente aos métodos tradicionais (Fotogrametria).

De acordo com BRANDALIZE (2010), a qualidade planimétrica na fotogrametria é dependente de uma gama de fatores que envolvem a escala da cobertura, o poder resolutivo do filme aéreo, a geometria do apoio do campo, os resíduos da aerotriangulação e as características da captação fotogramétrica tais como resíduos de orientação do modelo estereoscópico e a acuidade do operador.

Os fabricantes de sistemas de perfilamento a LASER estabelecem como tolerâncias aceitáveis para qualidade planimétrica dos pontos laser, após processamento, valores na ordem de  $1/1000 \times H$  a  $1/2000 \times H$  onde  $H$  é a altura de voo. (BALTSAVIAS, 1999a)

## 2. Metodologia de Trabalho

Para a realização da presente pesquisa foram disponibilizados dados laser provenientes de um de serviço de Aerolevantamento e Mapeamento Planialtimétrico realizado no ano de 2008 pela empresa ENGEFOTO Engenharia e Aerolevantamentos S.A. para um município de elevado adensamento de edificações.

O sensor utilizado para a coleta dos dados laser foi o equipamento ALTM 2050 (Optech) adaptado na aeronave Navajo PT-DBM devidamente homologada pelo DAC (Departamento de Aviação Civil), com uma configuração de voo de 50 Khz de frequência (PRF – *Pulse Repetition Frequency*), ângulo de abertura de  $40^\circ$  e uma altura de voo de 2000 metros, obtendo uma densidade média (MDE) de 0.54 pontos por  $m^2$ .

A área total perfilada possui  $320 \text{ km}^2$ , sendo  $200 \text{ km}^2$  de predominância urbana e  $120 \text{ km}^2$  com características rurais. Para o estudo foi separada uma quadra (Figura 1) da região central da área urbana com aproximadamente  $0.016 \text{ km}^2$ . Esta quadra foi escolhida por apresentar uma diversidade de edificações em termos de forma e altura.



Figura 1. Localização da área amostrada.

Após a execução do perfilamento laser, os dados foram processados nos *softwares* POSPac 4.4 (Applanix) e REALM *Survey Suite (Results of Airborne Laser Mapping)* da fabricante Optech, o qual o processamento consistiu na combinação dos diversos dados coletados no levantamento (GPS, INS e dados laser), visando determinar a posição dos pontos varridos na superfície terrestre, determinando assim as coordenadas tridimensionais X, Y, Z e o registro da intensidade, referidos ao sistema padrão de rastreamento GPS (WGS84). O resultado do processamento foi a nuvem de pontos (arquivos LAS), a qual foi analisada e manipulada nos *softwares* TerraScan e TerraModeler (TerraSolid).

A segunda etapa, após o processamento dos dados, foi a transformação do sistema de referência dos pontos laser, do referencial padrão (WGS84) para o referencial requerido no projeto (SAD69). Em seguida, foi efetuada a transformação das altitudes dos pontos, de geométrica para ortométrica. Para isso, utilizou-se o mapa geoidal proveniente do rastreo das RRNN, onde a nuvem de pontos laser foi interpolada de acordo com a ondulação geoidal calculada na área pesquisada. Para validar as transformações realizadas foram utilizados pontos de *check*, levantados em campo, os quais foram interpolados na nuvem de pontos laser e analisada a diferença altimétrica existente.

A partir do georreferenciamento da nuvem de pontos, procedeu-se com as seguintes atividades no programa TerraScan: Obtenção do Modelo Digital do Terreno (MDT); Classificação da vegetação baixa; Classificação das edificações e Vetorização automática das mesmas.

## 2.1 Obtenção do Modelo Digital do Terreno (MDT)

Para a obtenção do Modelo Digital do Terreno (MDT) utilizou-se a rotina “*Classify Ground*”, a qual utiliza um processo de filtragem sobre o Modelo Digital de Elevação (MDE), onde o usuário define alguns parâmetros da área levantada (como por exemplo, declividade do terreno, tamanho máximo das edificações existentes etc.) e com base nos pontos mais baixos do terreno, a rotina cria uma superfície preliminar pelo método de triangulação, designado de TIN (*Triangulated Irregular Network*). Por interação, a rotina pesquisa e classifica os demais pontos que pertencem ao terreno de uma maneira completamente automática, definindo dessa maneira o MDT.

Embora o resultado obtido pela classificação automática do MDT seja considerado adequado, fez-se necessário uma avaliação manual dos pontos, de modo a garantir que nenhum ponto caracterizado como terreno fosse obtido erroneamente. Na Figura 2, demonstra-se o Modelo Digital do Terreno (MDT) da área pesquisada, arbitrado na cor laranja, obtido pelo processo descrito acima.

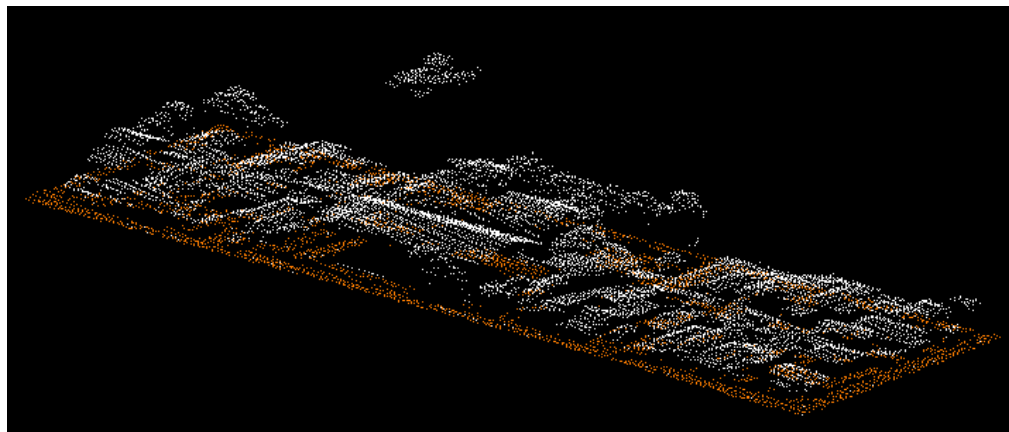


Figura 2. Modelo Digital do Terreno (MDT).

## 2.2 Classificação da Vegetação baixa

Após a obtenção do MDT, a etapa seguinte foi a de classificação dos pontos entre 0,50 e 2,00 metros de altura designados como vegetação baixa. Esta etapa fez-se necessário para facilitar a classificação das edificações na etapa posterior, como um método de remoção dos pontos refletidos da vegetação e outros objetos que poderiam deturpar a classificação das edificações, já que se trata de informações similares. Para a realização dessa etapa foi utilizado o MDE com os pontos do terreno previamente classificados na etapa anterior e as rotinas do programa TerraScan desenvolvidas para este fim.

## 2.3 Classificação das Edificações

Com o terreno e a vegetação classificados, iniciou-se o processo de extração dos dados laser correspondentes a classe de edificações. A rotina de classificação automática de edificações utilizou como critérios de pesquisa os parâmetros de área mínima das edificações existentes, a tolerância altimétrica entre os pontos laser, e ainda possibilitou o uso da informação do retorno do pulso laser para auxiliar na identificação do tipo de superfície. Esta opção, quando selecionada, verifica a informação de retorno do pulso laser, muito útil quando o perfilamento laser é realizado por equipamentos que possuem de dois ou mais retornos, pois os pontos que correspondem aos telhados resultam de apenas um retorno, enquanto que os pontos de árvores, por exemplo, resultam de vários retornos. A Figura 3 ilustra a classe das edificações, representadas em vermelho, e os demais elementos pertencentes à quadra amostrada.

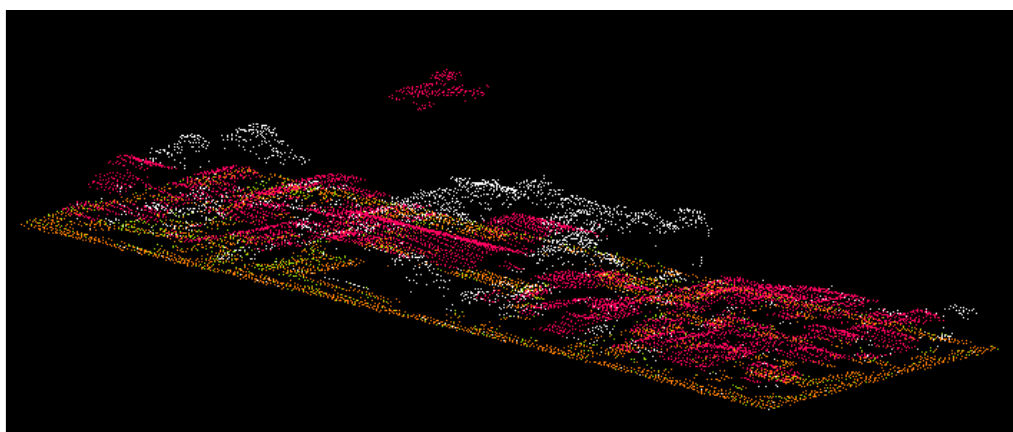


Figura 3. Nuvem de pontos classificada, onde o MDT está representado na cor laranja, a vegetação baixa na cor verde e as edificações na cor vermelha.

## 2.4 Vetorização automática das edificações

Finalizado o processo de classificação, iniciou-se a etapa de vetorização automática das edificações classificadas anteriormente. A vetorização das edificações consistiu na detecção de pontos correspondentes a superfícies planas e critérios como, máxima distância entre os planos; área mínima de edificação para representação; máxima inclinação do telhado; entre outros.

A construção dos vetores iniciou-se pelo maior edifício encontrado. Na sequência, foram criadas formas para cada plano do telhado e paredes laterais, de acordo com as configurações do programa. Além destes, detalhes como a borda dos telhados e objetos notáveis sobre a cobertura das edificações também foram representados no modelo.

No entanto, sabe-se que os processos automáticos disponíveis para representação de feições em algumas situações não contemplam totalmente a realidade, fazendo-se necessária a intervenção manual. Na área do estudo, foi necessário fazer algumas correções devido à baixa

densidade de pontos ocasionada pela configuração de voo não propícia para esta finalidade e a disposição das edificações na quadra (agrupadas). Esta intervenção manual tornou-se possível utilizando-se ortofotos na escala 1:1000 como referência.

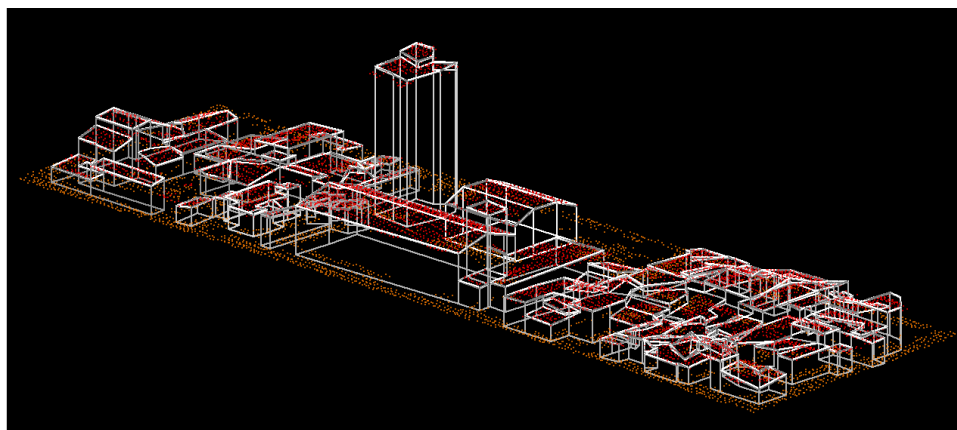


Figura 4. Edificações vetorizadas.

### 3. Resultados e Discussão

Para a validação altimétrica do Modelo Digital do Terreno gerado, foi separado um conjunto de pontos (64 pontos) do total de pontos levantados em campo (91 pontos) obtidos por rastreamento GPS, tendo em vista que o trabalho de campo foi voltado para o processo de aerotriangulação da fotogrametria e não especificamente para a validação dos dados laser. O critério de seleção desses pontos, denominados de “pontos de *check*” consistiu na identificação e separação dos pontos alocados em áreas limpas e terrenos mais planos, de modo que, a presença de obstruções sobre o terreno não comprometesse a qualidade da validação dos dados laser. A comparação dos pontos laser com o conjunto de pontos selecionado provenientes do levantamento de campo foi feita a partir de uma rotina automática que consiste na interpolação dos “pontos de *check*” na superfície dos pontos laser pertencentes ao terreno. A Tabela 1 abaixo mostra o resultado da precisão altimétrica obtida e as variáveis estatísticas da análise realizada.

Tabela 1. Variáveis Estatísticas

Média Z	-0.036
Mínimo Z	-0.174
Máximo Z	0.175
Média absoluta Z	0.082
Desvio-padrão	0.090

Para a validação planimétrica e morfológica das feições extraídas a partir dos dados laser foram destacadas duas edificações notáveis da quadra amostrada e comparadas com os vetores restituídos pelo processo estereofotogramétrico digital, já que este método conta com uma interpretação direta das feições e em tempo real. Figura 5.

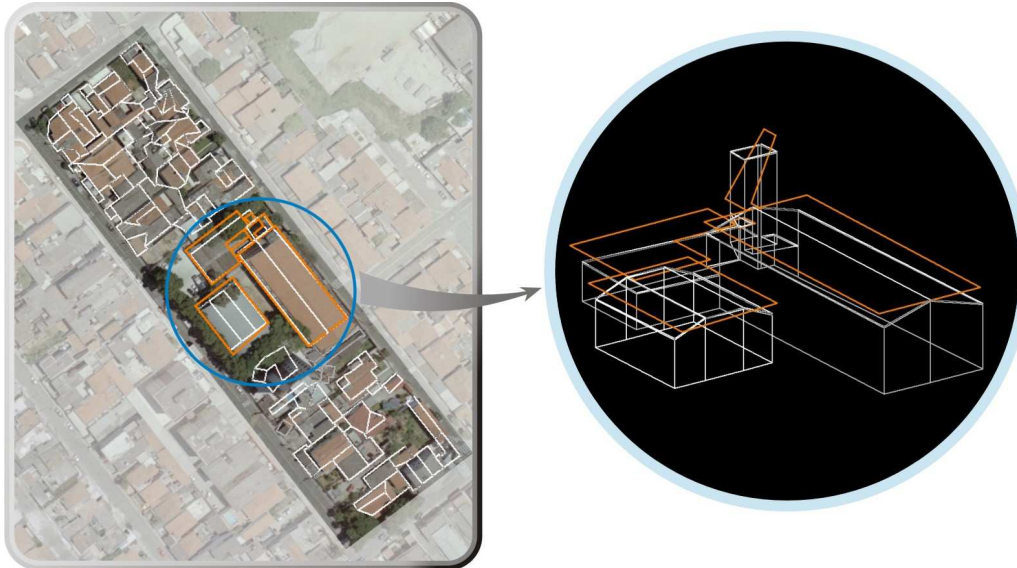


Figura 5. Comparação da vetorização obtida automaticamente a partir dos dados laser (traçado em branco) com a vetorização obtida por restituição (traçado em laranja).

A comparação foi realizada a partir dos vértices das edificações correspondentes nas duas metodologias, a qual o resultado se enquadrou na tolerância de precisão planimétrica nominal do equipamento utilizado neste trabalho (ALTM 2050), sendo ela  $1/2000 \times H$ . Ou seja, a uma altura de voo de 2000 metros, obteve-se uma precisão horizontal média de 1 metro.

#### 4. Conclusões

Com os estudos realizados pela empresa ENGEFOTO, observa-se que a tecnologia LIDAR representa um grande potencial e características marcantes no que se refere à extração de feições urbanas se comparada aos métodos convencionais, pois é possível conhecer a forma, o volume e a altura das edificações, e dessa maneira extrair informações como o número de pavimentos, área construída e verticalidade do município para estudos de rotas de tráfego aéreo, planejamento municipal, entre outros. A Figura 6 ilustra o resultado final do modelo da quadra.

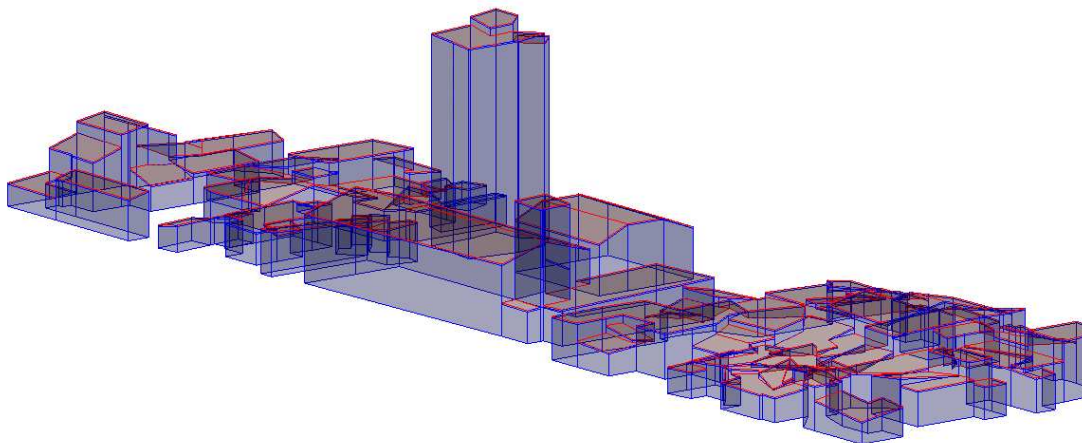


Figura 6. Modelo 3D da área de estudo.

O método apresentado representou um grande avanço nos meios de obtenção de feições, refletindo na modernização dos recursos e agilidade no processo de geração dos produtos. Sabe-se que, devido à aquisição digital e direta dos dados, o perfilamento laser propicia a obtenção de um MDT mais rápido que o processo fotogramétrico, em contrapartida, a fotografia aérea ainda é um elemento substancial na identificação dos elementos, ocorrendo um complemento entre os dois processos e assim, agregando valores ao mapeamento urbano como um todo.

No presente estudo foi apresentado o termo “automático” para demonstrar a extração das edificações provenientes dos dados laser, mas no decorrer do trabalho verificou-se que se trata na verdade de um processo semi-automático, visto que necessitou de uma pequena intervenção manual para a devida correção morfológica das bordas dos telhados. Um dos fatores que propiciaram a edição manual foi que os dados utilizados na pesquisa apresentaram uma baixa densidade de pontos no Modelo Digital de Elevação, ocasionando uma deficiência na caracterização dos contornos das edificações. A baixa densidade foi devido ao modo em que foi planejado o perfilamento laser, ou seja, os parâmetros de voo não foram estudados de modo a atender a informação das edificações obtidas no perfilamento, e sim o mapeamento planialtimétrico como um todo, objeto de contrato. Contudo, frente aos estudos, percebe-se que um voo laser adequado (altura de voo mais baixa, ângulo de escaneamento mais fechado etc.) as finalidades do ambiente urbano, produziriam resultados melhores e de maneira mais automatizada.

Outro fator restritivo apresentado neste trabalho foi a limitação dos algoritmos no que se refere à classificação e vetorização automática das edificações, uma vez que os critérios de filtragem utilizados não foram suficientes para representar com exatidão a realidade da quadra estudada, devido à presença de vegetação, disposição das edificações e o grande número de detalhes dos telhados, sendo solucionado pelo apoio de ortofotos através de edição manual mínima.

Com esta experiência, conclui-se que esses dados representam um futuro promissor na área de aerolevantamentos e de cadastro imobiliário, tornando-se possível a obtenção de formas, volume e altura de edificações de maneira semi-automática. Contudo, atenta-se para os fatores limitantes do sistema LIDAR citados anteriormente e para a questão da precisão dos resultados que depende da característica da área de interesse e dos meios de obtenção dos dados laser. Se a finalidade principal do trabalho for planejamento municipal, por exemplo, onde o rigor geométrico das edificações não possui um papel muito relevante, este poderá ser realizado pelo método proposto neste artigo. E onde esse rigor for fundamental, recomenda-se o uso da fotogrametria convencional concomitantemente aos dados laser.

Uma grande vantagem que se observa na tecnologia LIDAR é a rapidez na obtenção dos dados e a redução de custos com a automação quase que completa do processo como um todo, o que representa também a minimização de erros decorrentes das diferentes interpretações humanas.

## **Referências Bibliográficas**

Axelsson, P. Processing of Laser Scanner Data – Algorithms and Applications. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**. Vol. 54 (1), 1999. p. 138-147.

Baltsavias, E.P. A comparasion between Photogrammetry and LASER scanning. **ISPRS Journal oh Photogrammetry and Remote Sensing** 54, pp. 83-94.

Brandalize, A.A. **Perfilamento a laser: Comparação com Métodos Fotogramétricos**. Esteio Engenharia e Aerolevantamentos S/A. Curitiba/PR. Disponível em: <<http://www.lidar.com.br/trabalhos/geral/>>. Acesso em: 19.nov.2010.

Mayer, H. Automatic Object Extraction from Aerial Imagery – A Survey Focusing on Buildings. **Computer Vision and Image Understanding**, v. 74, n. 2, 1999. p. 138-149.

Sahar, L.; Krupnik, A. Semiautomatic Extraction of Building Outlines from Large-Scale Aerial Images. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 65, n. 4, 1999. p. 459-465.

Shufelt, J. A. Performance Evaluation and Analysis of Monocular Building Extraction from Aerial Imagery. **IEEE Transactions On PAMI**, Vol. 21, N. 4, 1999. p. 311-326.

**TerraScan User's Guide**. Disponível em: <[http://www.terrasolid.fi/en/users\\_guide/terrascan\\_users\\_guide](http://www.terrasolid.fi/en/users_guide/terrascan_users_guide)>. Acesso em: 10.set.2010.