

# ANÁLISE COMPARATIVA DE RESULTADOS ALTIMÉTRICOS OBTIDOS POR PERFILAMENTO A LASER E TOPOGRAFIA CONVENCIONAL

ELIZABETE BUGALSKI DE ANDRADE PEIXOTO<sup>1,2</sup>  
JORGE ANTONIO CENTENO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Paraná  
Setor de Ciências da Terra  
Departamento de Geomática, Curitiba - PR

<sup>2</sup> Esteio Engenharia e Aerolevantamentos S.A.  
Curitiba - PR

**ABSTRACT** – The LIDAR survey is believed one of the most important technique concerning the high precision digital surface modelling. This surface is swept by the sensor through thousands of collected data points showing their 3D position with a precision of centimeters. This study describes and compare DTM generate by topography and with laser scanner data. Finally, this research will help to prove the capability of laser scanning technology.

## 1 INTRODUÇÃO

O sistema LIDAR (Light Detection and Ranging), foi um dos desenvolvimentos tecnológicos mais importantes do final do século passado.. Baseia-se no cálculo da distância entre o sensor e a superfície e o tempo de duração entre a emissão e o retorno do pulso. (BALTSAVIAS, 1999). O equipamento é composto pelo Laser, um Sistema de Medição Inercial e um GPS que combinados fornecem pontos com precisão centimétrica.

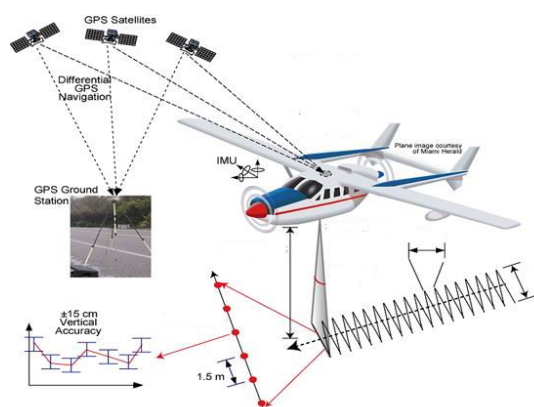


Figura 1 – Composição do Sistema LIDAR.

Como esta tecnologia é mundial e está em atualização constante, novas possibilidades surgem rapidamente. Hoje, os sistemas possuem uma capacidade para gerar uma alta densidade de pontos capaz de gerar Modelos Digitais de Superfície (MDS) morfologicamente

mais precisos, ou seja, com detalhamento de feições e Modelos Digitais do Terreno (MDT) que podem substituir alguns processos demorados em projetos de engenharia.

Os projetos rodoviários são exemplos da aplicação do MDT oriundo do laser. A obtenção em um curto período de tempo de um modelo acurado, bem como, produtos adicionais como declividade, drenagem e detalhes planimétricos da área, compõe um conjunto importante para o estudo de um projeto de estrada.

Além disso, o mapeamento 3D permite algumas análises que possibilitam uma melhor tomada de decisão que podem minimizar gastos desnecessários.

Neste trabalho é avaliado o resultado de um serviço de topografia convencional com o resultado de um perfilamento a laser, com todas as vantagens e desvantagens.

## 2 METODOLOGIA

O perfilamento a laser foi realizado em 2010 na cidade de Amparo (SP) com o equipamento Leica ALS 50 phase II, coincidente com a área do levantamento topográfico. Os parâmetros foram calculados com o objetivo de uma penetração satisfatória em áreas de sombras e de cobertura vegetal.

Os parâmetros utilizados estão apresentados na tabela abaixo.

Tabela 1 – Características do levantamento LIDAR.

Tipo	Altura	FOV (ângulo de abertura)	Densidade (pontos por m <sup>2</sup> )
Rural e Urbana	1200	10	10

O processo da topografia teve seu início com o levantamento da poligonal principal, onde para a determinação das coordenadas planimétricas dos marcos foi adotada a metodologia de posicionamento geodésico por satélites, sistema Navstar-GPS, através do método estático, com a utilização de receptores de dupla frequência (L1+L2). Posteriormente foi realizado o levantamento da poligonal auxiliar, onde para a determinação das coordenadas planimétricas dos vértices desta poligonal foi adotado o método das direções, com o emprego de estações totais com precisão de  $\pm 5''$ . Todos os procedimentos seguiram o recomendado pela NBR-13.133 quanto à classe de poligonal mais adequada para adensamento do apoio topográfico para projetos básicos, executivos, como executado e obras de engenharia.

A partir do Modelo Digital da Superfície dos pontos LASER foi realizada automaticamente no Terra Scan o Modelo Digital da Superfície com algoritmos próprios para classificação de pontos pertencentes ao terreno. A figura 2 apresenta a imagem de composição (hipsometria e intensidade) mostrando parte do detalhamento da área em 2D e 3D.

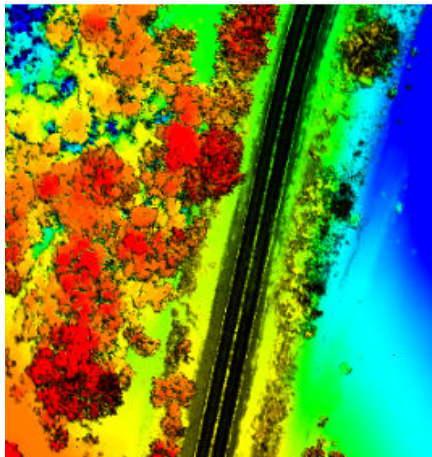


Figura 2 – Imagem de composição em 2D de um detalhe.

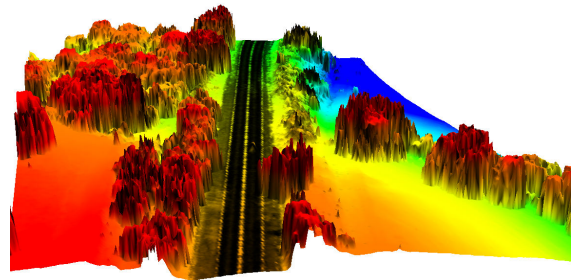


Figura 3 – Imagem de composição em 3D de um detalhe.

Após a geração da superfície do MDT foi realizada uma verificação para detectar se o algoritmo conseguiu a eliminação de vegetação de forma satisfatória.

O próximo passo foi fazer um controle estatístico da topografia em relação ao MDT gerado pelo laser para determinar as diferenças altimétricas, desvio padrão e erro médio quadrático, ou seja, os pontos da topografia foram considerados como pontos de controle na análise. O objetivo desta análise é verificar onde ocorreram as maiores diferenças e se as mesmas são erros sistemáticos.

### 3 RESULTADOS

Foram analisados 1584 pontos de topografia. A tabela 2, 3 e o gráfico 1 apresentam o resultado altimétrico da comparação dos pontos da topografia com o MDT gerado a partir do laser.

Conforme a tabela 2, o RMS obtido foi de 0,14m com uma média em módulo de 0,11 m.

Tabela 2 – Resultado do controle altimétrico LIDAR

Tipo de análise	Resultado (m)
Média (dz)	-0.039
Mínimo (dz)	-0.594
Máximo (dz)	+0.687
Média (módulo)	0.112
RMS	0.146
Desvio Padrão	0.141

Tabela 3 – Intervalo das diferenças altimétricas

Intervalo (m)	Quantidades de pontos
Dentro de +ou- 0.49	1572
De -0.68 a -0.50	3
De 0.50 a 0.68	9
Total	1584

Considerando o gráfico 1, foram encontrados 3 pontos entre -0,68 e -0,50 metros, onde todos os pontos estão em regiões com densa cobertura vegetal, porém eles representam menos de 0,2% da amostra e os pontos com erros maiores que 0,50 metros representam 0,6%.

Gráfico 1 – Resultado do controle altimétrico LIDAR

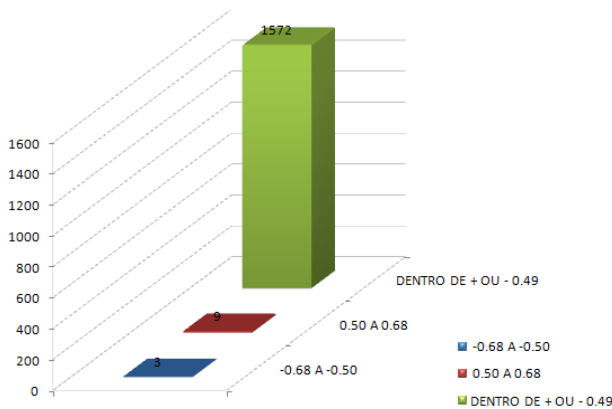
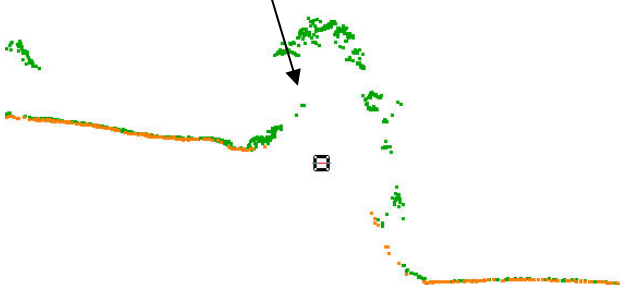
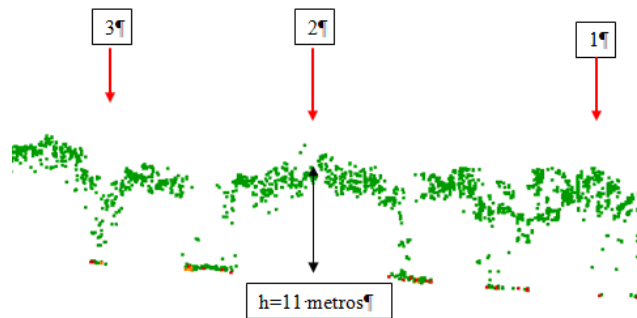
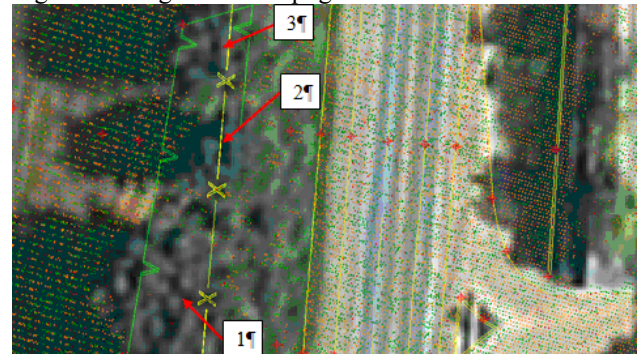


Figura 4 – Ponto da topografia com cobertura vegetal.



Na figura 4 encontra-se identificado o ponto da topografia sob a vegetação, onde não houve penetração de pontos laser. Devido a declividade do terreno, os pontos adjacentes não conseguiriam definir o terreno de forma adequada, portanto a partir desses resultados foi verificado que a maior concentração dos erros foi em regiões de vegetação densa. Em algumas dessas áreas também não houve levantamento topográfico, conforme figura a seguir.

Figura 5 – Regiões sem topografia e laser



Na figura 5, as indicações 1,2 e 3 são de áreas que não tiveram penetração laser e topografia. A vegetação é fechada e com árvores de altura média de 11 metros. O perfilamento com ângulo fechado não foi suficiente para solucionar esse problema.

#### 4 CONCLUSÕES

O presente estudo mostra a viabilidade do uso de dados laser scanner para substituição ou como ferramenta complementar de uma topografia convencional. O processo combinado pode além de minimizar tempo, gerar novos produtos.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores deste estudo agradecem a empresa Esteio Engenharia e Aerolevantamentos pela disponibilidade dos dados.

#### REFERÊNCIAS

HAALA, N., **Surface Reconstruction – Digital Elevation Models** - 47th Photogrammetric Week Tutorial Algorithms and Automation of Photogrammetric Image Data Processing, Stuttgart, 1999

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