UTILIZAÇÃO DA TECNOLOGIA LIDAR EM PROJETOS DE ENGENHARIA DE INFRAESTRUTURA VIÁRIA

Eng. Cart. Bruno da Cunha Bastos [1]
Eng. Cart. MSc. Leonardo Ercolin Filho [1]

[1] Engefoto Engenharia de Aerolevantamentos S.A.
Rua Frei Francisco Mont'Alverne, 750, Jardim Santa Bárbara – Curitiba/PR/Brazil
brunocunha@engefoto.com.br
leonardoercolin@engefoto.com.br

RESUMO

Este artigo apresenta os resultados obtidos com a utilização da tecnologia LIDAR (*Light Detection And Ranging*) em projetos de Engenharia de Infra-estrutura Viária. Os testes foram desenvolvidos utilizando dados de levantamentos aéreos realizados com um perfilômetro laser modelo *Optech Gemini* e uma câmera analógica modelo *Zeiss LMK2000*. O uso desses dados permitiu detectar e validar de forma automatizada informações quantitativas e qualitativas tais como modelos digitais de terreno (MDT), áreas de cobertura vegetal, corpos d'água, linhas de transmissão, edificações e estruturas de pavimentação asfáltica. Os experimentos foram realizados em uma área urbanizada do município de Curitiba (PR) e os resultados obtidos mostraram que a utilização dessa tecnologia contribui de forma significativa no planejamento e tomada de decisões na execução de projetos de Engenharia de Infraestrutura Viária.

1) INTRODUÇÃO

O sistema LIDAR (*Light Detection and Ranging*) é uma tecnologia que permite a obtenção de informações tridimensionais acerca da superfície terrestre com alta precisão (POPESCU, 2002). Além disso, essa tecnologia permite coletar dados precisos e com maior velocidade, quando comparada com outras tecnologias, pois combina numa plataforma aerotransportada o Sistema de Navegação Global por Satélites (*GNSS – Global Navigation Satellite Systems*) que fornece a posição da aeronave e o Sistema de Navegação Inercial (*INS – Inertial Navigation System*) que determina os ângulos de atitude da aeronave, possibilitando assim o cálculo da distância entre o sensor e o alvo situado no terreno.

O LIDAR é considerado um sensor remoto ativo que possui a capacidade de coletar uma grande quantidade de informações do terreno e dos demais objetos presentes. Por se tratar de um sensor ativo, o mesmo não sofre interferência pela falta de iluminação e nem dos efeitos produzidos pela projeção perspectiva presente numa fotografia área. O princípio de funcionamento está baseado na emissão pulsos LASER sob uma determinada taxa de frequência de repetição e numa taxa de varredura geralmente do tipo perpendicular à direção da linha de voo. Dessa forma, o sensor LASER possui a capacidade de atingir múltiplas reflexões, ou seja, vários pulsos podem ser refletidos sob um mesmo objeto. Por isso, este aspecto constitui uma poderosa ferramenta para vários tipos de análise de dados (SANTOS, 2006).

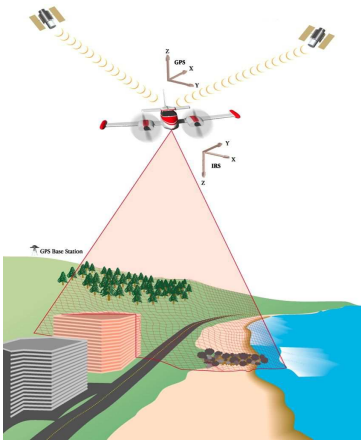

Figura 1 – Princípio de aquisição de dados da tecnologia LIDAR.

1.1 USO DA TECNOLOGIA LIDAR

O uso da tecnologia LIDAR vem se tornando cada vez mais frequente no campo de aplicações da Engenharia, tendo em vista a grande quantidade de informações geradas pelo sensor, a elevada precisão, a velocidade da aquisição e o baixo custo dessa tecnologia. Uma das aplicações está relacionada com a obtenção de informações altimétricas de alta precisão bem como informações quantitativas e qualitativas que auxiliam na detecção de elementos presentes na área de interesse.

Em projetos de Engenharia de Infraestrutura Viária, é de grande importância que as informações altimétricas do terreno e da cobertura vegetal, bem como informações sobre a existência de travessias e cruzamentos sejam conhecidas previamente na fase de pré-projeto. O conhecimento prévio da existência desses elementos, bem como suas características qualitativas e quantitativas, auxilia no desenvolvimento de traçados apropriados e de um projeto geométrico consistente que dará subsídio às demais etapas tais como:

- Projeto de Terraplenagem;
- Projeto de Drenagem e Obras de Artes Correntes;
- Projeto de Desapropriação; e
- Projeto de Estudos Ambientais.

Para isso, através do processamento dos dados gerados pelo sistema LIDAR, é possível detectar de forma automática e semi-automática os elementos de interesse tais como: modelo digital de terreno (MDT), áreas de cobertura vegetal e edificações. Além disso, utilizando informações de intensidade do retorno fornecidas pelo pulso laser é possível detectar elementos/feições tais como: estruturas de pavimentação asfáltica, linhas de transmissão e corpos d'água (Figura 2).

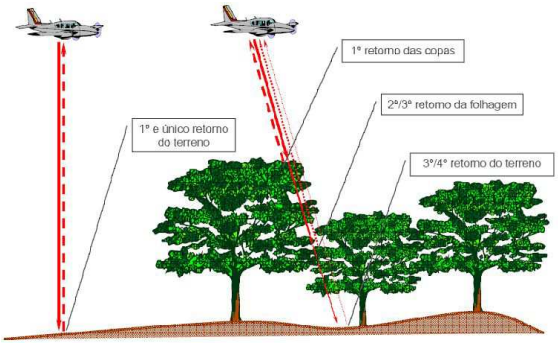

Figura 2 – Detecção de elementos através da tecnologia LIDAR.

2) METODOLOGIA

Para realizar os experimentos e validar a metodologia foram utilizados dados de um levantamento LIDAR e um levantamento aerofotogramétrico localizados em uma área urbanizada do município de Curitiba (PR) onde estão sendo executados projetos de Engenharia de Infraestrutura Viária conforme ilustrado nas figuras 3 e 4.

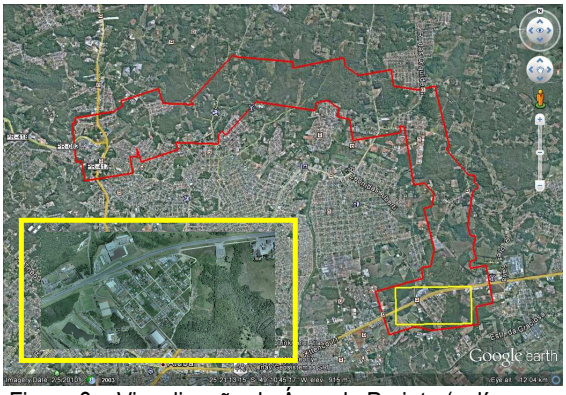

Figura 3 – Visualização da Área de Projeto (polígono vermelho) e Área de Estudo (polígono amarelo).

Figura 4 – Visualização detalhada da Área de Estudo.

2.1) PLATAFORMA UTILIZADA

O desenvolvimento da metodologia bem como a realização dos experimentos para detectar de forma automática e semi-automática os elementos de interesse foi feita utilizado o programa *TerraScan* de propriedade da empresa finlandesa *TerraSolid Ltd.* (www.terrasolid.fi). Esse programa foi desenvolvido especificamente para manipular dados oriundos da tecnologia LIDAR na plataforma *Bentley Microstation* (www.bentley.com) e possui ferramentas automáticas e semi-automáticas apropriadas para a manipulação e detecção de elementos na nuvem de pontos. A Figura 5 mostra a imagem da área de estudo, a nuvem bruta de pontos laser carregada no programa *TerraScan* e a visualização da nuvem de pontos em perspectiva.

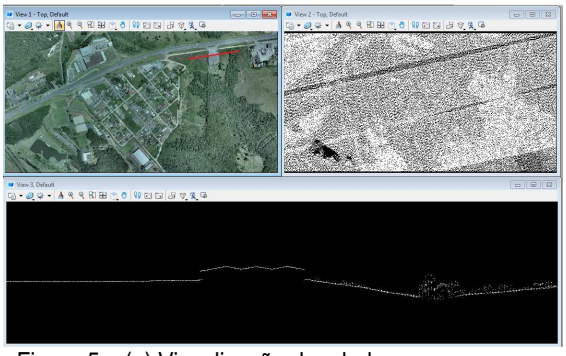

Figura 5 – (a) Visualização dos dados no programa *TerraScan*.

2.2) DETECÇÃO DE MDT

Para detectar os elementos pertencentes ao modelo digital de terreno (MDT), foi aplicada uma rotina automática de detecção do terreno do *TerraScan* (*Classify->Routine->Ground*). Essa rotina analisa as características do laser relacionadas à declividade dos pontos e determina os pontos mais baixos como representantes da superfície do terreno. A Figura 6 mostra o resultado obtido na detecção do modelo digital de terreno (MDT).

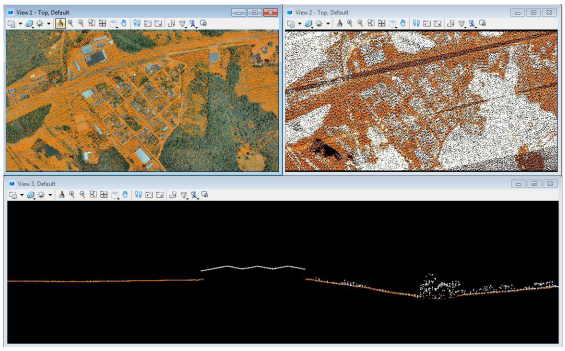

Figura 6 – Resultado obtido na detecção do modelo digital de terreno (MDT).

2.3) DETECÇÃO DE VEGETAÇÃO E EDIFICAÇÕES

Para detectar os elementos pertencentes à vegetação e edificações, foi aplicada uma macro que utiliza duas rotinas do *TerraScan*. A primeira analisa as informações de altura dos pontos laser em relação ao terreno para detectar os níveis de vegetação (*Classify->Routine->By Height from Ground*) e a segunda rotina também analisa as informações de altura dos pontos laser em relação ao terreno e sua regularidade para detectar as edificações (*Classify->Routine->Buildings*). A Figura 7 mostra o resultado obtido na detecção da vegetação (cor verde) e das edificações (cor vermelha), juntamente com o modelo digital de terreno (cor laranja).

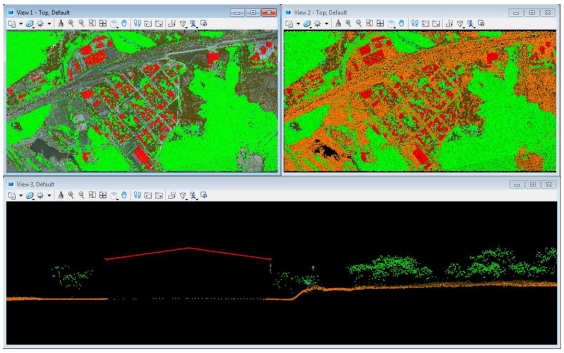

Figura 7 – Resultado obtido na detecção da vegetação (cor verde) e das edificações (cor vermelha), juntamente com o modelo digital de terreno (cor laranja).

2.4) DETECÇÃO DE PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA

Para detectar a pavimentação asfáltica, linhas de transmissão e corpos d'água, foram utilizadas as informações de intensidade do retorno do pulso fornecidas pelos dados laser. Analisando previamente o comportamento do sinal de cada objeto em relação à intensidade do retorno do pulso laser, foram estabelecidos intervalos e aplicados na rotina de detecção de intensidade do *TerraScan* (*Classify->Routine->By Intensity*). As figuras 8, 9 e 10 mostram os resultados obtidos na detecção da pavimentação asfáltica (cor magenta), linhas de transmissão (cor amarela) e corpos d'água (cor ciano).

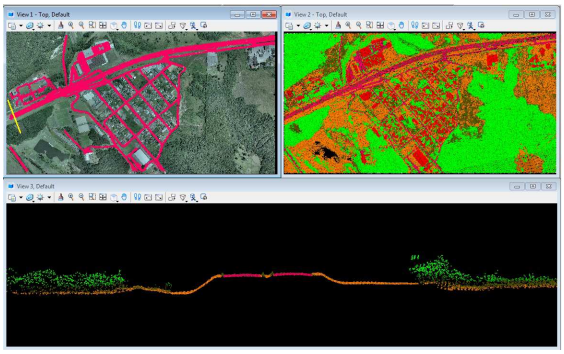

Figura 8 – Resultado obtido na detecção da pavimentação asfáltica (cor magenta).

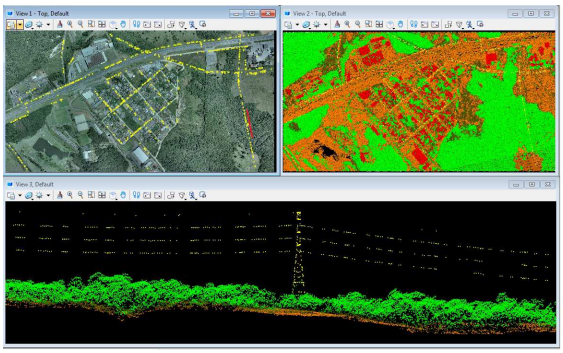

Figura 9 – Resultado obtido na detecção das linhas de transmissão (cor amarela).

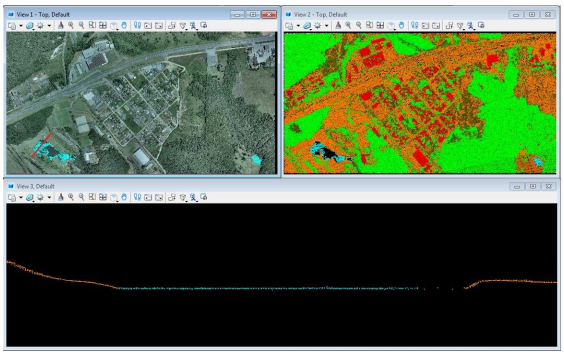

Figura 10 – Resultado obtido na detecção dos corpos d'água (cor ciano).

Por último, a Figura 11 mostra a imagem original juntamente com todos os objetos detectados e sua visualização em perspectiva, ou seja: modelo digital de terreno (cor laranja), vegetação (cor verde), pavimentação asfáltica (cor magenta), linhas de transmissão (cor amarela) e corpos d'água (cor ciano).

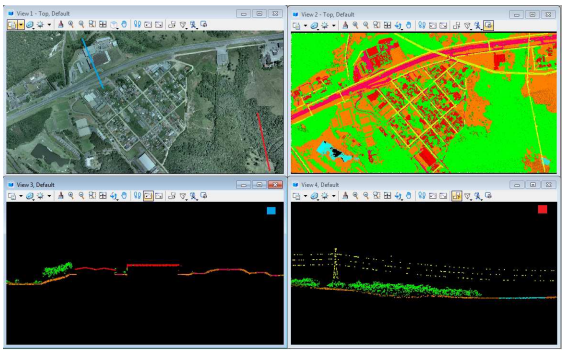

Figura 11 – Resultado geral na detecção dos elementos de interesse.

2.5) QUALIDADE ALTIMÉTRICA DOS RESULTADOS

Após detectar todos os objetos de interesse foi realizada a verificação da qualidade altimétrica dos dados laser juntamente com pontos de controle em campo. Esse processo consistiu em confrontar as coordenadas dos pontos levantados no terreno através da tecnologia GNSS e o valor correspondente na nuvem de pontos laser. Os resultados obtidos seguem apresentados na Figura 12.

ID	Easting	Northing	Known Z	Laser Z	Dz
PC01	681684.042	7196698.220	915.714	915.769	+0.055
PC02	686286.504	7195343.004	956.400	956.395	-0.005
PC03	685328.656	7195236.972	928.729	928.794	+0.065
PC04	686685.305	7193671.519	950.544	950.565	+0.021
PC05	686760.842	7193849.788	956.145	956.233	+0.088
PC06	687363.199	7192495.613	949.112	948.981	-0.131
PC07	686238.639	7192596.567	913.543	913.692	+0.149
PC08	681974.429	7196841.972	947.527	947.563	+0.036
PC09	679521.726	7195850.002	946.652	946.696	+0.044
PC10	682386.632	7196229.643	916.879	916.926	+0.047
PC11	686816.833	7192334.378	948.832	948.859	+0.027

Average dz	+0.036
Minimum dz	-0.131
Maximum dz	+0.149
Average magnitude	0.061
Root mean square	0.074
Std deviation	0.068

Figura 12 – Estatística de verificação da qualidade altimétrica dos resultados.

3) CONCLUSÕES

Através dos resultados obtidos, conclui-se que o uso das ferramentas automáticas e semi-automáticas do programa *TerraScan* na manipulação dos dados laser permite detectar os elementos apresentados acima de forma automatizada e confiável. Esses resultados por sua vez, contribuem de forma significa nos projetos de Engenharia de Infraestrutura Viária, pois fornecem previamente informações relevantes quanto à morfologia do terreno, áreas de vegetação e edificações, além da pavimentação asfáltica, linhas de transmissão e corpos d'água. Além disso, as informações detectadas contribuem na fase de pré-projeto fornecendo subsídios para a análise da existência de cruzamentos e travessias.

Com relação à verificação da qualidade altimétrica dos resultados, conclui-se que a precisão obtida é compatível com as especificações técnicas do equipamento nas características do voo executado. Esses valores de precisão, por sua vez, atendem aos requisitos de precisão exigidos em projetos de Engenharia de Infraestrutura Viária.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Engefoto Engenharia de Aerolevantamentos S.A. pelo apoio e disponibilização dos dados para a elaboração deste artigo.

REFERÊNCIAS

BALTASAVIAS, E.P. **Airbone laser scanning: basic relations and formulas**. ISPRS Journal of

Photogrammetry and Remote Sensing, v.54 (2-3) p. 199-214, 1999.

FLOOD M., GUTELIUS B. **Commercial implications of topographic terrain mapping using scanning airborne laser radar.** Photogrammetric Engineering and remote Sensing, v.63, p. 327-329 e 363-366, 1997.

LEFSKY, M. A. et al. **LiDAR remote sensing for the ecosystem studies.** Bioscience, v.52, p.19-30, 2002.

POPESCU, S. C. **Estimating Plot-Level Forest Biophysical Parameters Using Small-Footprint Airbone Lidar Measurements.** Blacksburg, Virginia, 115f. Tese (Doutorado em Floresta) – Department of Foresty, Virginia Tech, 2002.

SANTOS, D. R. **Automação da resseção espacial de imagens com uso de hipóteses de rodovias como apoio de campo derivadas do sistema de varredura laser**. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

SCHREIRER, H. et al. **Automated measurements of terrain reflection and height variations using an airborne infrared system.** Int. J. Remote Sens, v. 6, p. 101-103, 1985.