

Aplicações: Mapeamento Móvel utilizando tecnologia LIDAR

Ariana de Oliveira Maciel¹

¹ Engefoto Engenharia e Aerolevantamentos S.A.

Rua Frei Francisco Mont' Alverne n° 750 – Jardim das Américas - Curitiba - PR, Brasil
ariana@engefoto.com.br

Abstract. In the last decade, the LIDAR technology has advanced rapidly and is widespread both in the scientific community, as with professionals from the surveys. This is because it is a method of obtaining information from the surface so fast, accurate and relatively inexpensive compared to conventional methods. Given these benefits, has developed various systems to meet the specific demands of cartography, as the mapping of water bodies, identification of urban features (roads, transmission lines, historical facades, etc.), environmental monitoring (forest, erosion, flooding, etc.), among other needs. Currently available is a large amount of laser systems on the market, providing sources of studies, since to meet the requirements of the work requires knowledge of the performance capabilities of the equipment. This work is focused on mobile terrestrial lidar technology, and aims to present it with regard to its usefulness, accuracy and applications. The mobile lidar systems have promising features in the area of surveying in regards to the shape and speed of data collection, but the quality of the products generated in various areas of engineering. However, further studies are being undertaken with regard to the final product to meet the needs of each user.

Palavras-chave: Mapping, LIDAR, mobile lidar systems, products, mapeamento, LIDAR, sistema lidar móvel, produtos

1. Introdução

O mapeamento para a coleta de dados espaciais tem passado por muitos avanços de métodos e ferramentas, objetivando minimizar o tempo de aquisição e o custo, além de potencializar a precisão dos resultados em comparação com os métodos convencionais. Devido à demanda do mercado em obter cada vez mais produtos confiáveis e de forma rápida, surgiu a necessidade de pesquisas automatizadas para estes fins. Nesse contexto, desenvolveu-se a tecnologia LIDAR na área da cartografia, complementando as possíveis deficiências dos métodos tradicionais (fotogramétricos, apoio terrestre, entre outros), e em algumas vezes, ocorrendo a completa substituição destes.

A tecnologia LIDAR (*Light Detection and Ranging*), pertencente à área de sensoriamento remoto, tem por finalidade a medição de uma superfície através da luz com base na emissão de pulsos laser. A medição é obtida pelo tempo de emissão do pulso laser até o alvo e o tempo de retorno do mesmo até o sistema. Através da velocidade da luz, o tempo armazenado é convertido em distância, e quando associado às informações de posicionamento (GPS/INERCIAL) obtêm-se as coordenadas 3D. A tecnologia LIDAR pode ser empregada em plataformas do tipo móvel ou fixa, de acordo com a finalidade do mapeamento. O sistema a laser que ultimamente mais vem contribuindo com o levantamento de informações espaciais é o perfilamento realizado em plataforma móvel aerotransportada, que significativamente tem produzido Modelos Digitais do Terreno e de Superfície em larga escala de forma rápida e precisa. Devido à grande aceitação da tecnologia LIDAR no mercado, houve a tendência de se concentrar esforços em desenvolver novos sistemas apropriados para fins específicos, como por exemplo, o sistema Lynx Mobile Mapper (Optech) adaptado em plataforma móvel, que vem ser apresentado nesse trabalho, conforme mostra a Figura 1.



Figura 1. Sensor Lynx Mobile Mapper (Fonte: Optech 2010)

Segundo Ussyshkin e Boba (2008) o termo Mobile Lidar é um termo amplamente utilizado para o radar implantado em qualquer plataforma móvel, como uma van, um barco, ou mesmo um veículo 4x4, não implicando necessariamente em um radar laser aerotransportado. O equipamento Lynx Mobile Mapper contém 2 sensores laser, um sistema de navegação GPS/INS e permite acoplar até 4 câmeras, conforme exemplificado na Tabela 1. O controle do sistema é feito pelo operador do veículo, via laptop, permitindo inspecionar os dois sensores LIDAR e os quatro opcionais, devidamente calibrados. Os sensores a bordo possuem a tecnologia iFLEX™, que integra todo o sistema e mantém rígido o alinhamento e a precisão entre os sensores e o sistema de navegação. Cada um destes sensores tem um campo de visão de 360°, o que minimiza a sombra de outros veículos. Os sensores são capazes de emitir até 200.000 pulsos de laser por segundo (200 kHz), ou seja, uma taxa de repetição que produz uma concentração densa de pontos laser na área levantada. À medida que a área de interesse é percorrida, o sistema a bordo de navegação apura informações de posição e atitude (*pitch, roll e heading*) dos sensores de acordo com as manobras do veículo. A combinação de GPS e sistemas de posicionamento INS produz uma medida de precisão em torno de ± 5 cm com velocidades de até 100 km/h. O intervalo de varredura de até 200 m faz com que seja possível fazer um levantamento extenso em pouco tempo, oferecendo uma solução altamente rentável. As câmeras montadas junto aos sensores complementam e reforçam os dados da nuvem LIDAR, fornecendo imagens georreferenciadas da cena, coletadas pelos sensores. Cada câmara é independente e configurável em tamanhos de quadros diferentes, assim, os dados espaciais podem ser "cobertos" e complementados com informações RGB da câmara (OPTECH, 2010). Abaixo, segue a Figura 2 com as características técnicas do sensor Lynx.

| PARÂMETROS | Modelo V200 |
|--------------------------------|------------------------------|
| Número de Sensores LIDAR | 1-2 |
| Suporte da Câmera | Até 2 Câmeras |
| Alcance Máximo | 200m, 20% |
| Faixa de Precisão | 8 mm, $1 \sigma^1$ |
| Precisão Absoluta | ± 5 cm, $(1 \sigma)^1$ |
| Taxa de Emissão do pulso LASER | 75-200 kHz Programável |
| Número de retornos por pulso | Até 4 simultaneamente |
| Freqüência da Varredura | 80-200 Hz Programável |
| Campo de Visão do Scanner | 360 ° sem sombras |
| Requisitos de Energia | 12 VDC, 30 A |
| Temperatura de Operação | -10°C to +40°C |
| Temperatura de Armazenamento | -40°C to + 60°C |
| Classificação do LASER | IEC/CDRH Classe 1 |
| Veículo | Adaptável a qualquer veículo |

Figura 2. Características técnicas do sensor Lynx Mobile Mapper

2. Metodologia de Trabalho

Devido a parceria entre a empresa Engefoto e a Optech (fabricante do sistema LIDAR) e a disponibilidade do equipamento (Figura 2) na sede da Engefoto, foi possível realizar o trabalho de análise que seguiu. Os dados foram coletados na cidade de Curitiba-PR, em aproximadamente 8 km de extensão, conforme a localização indicada na Figura 3.

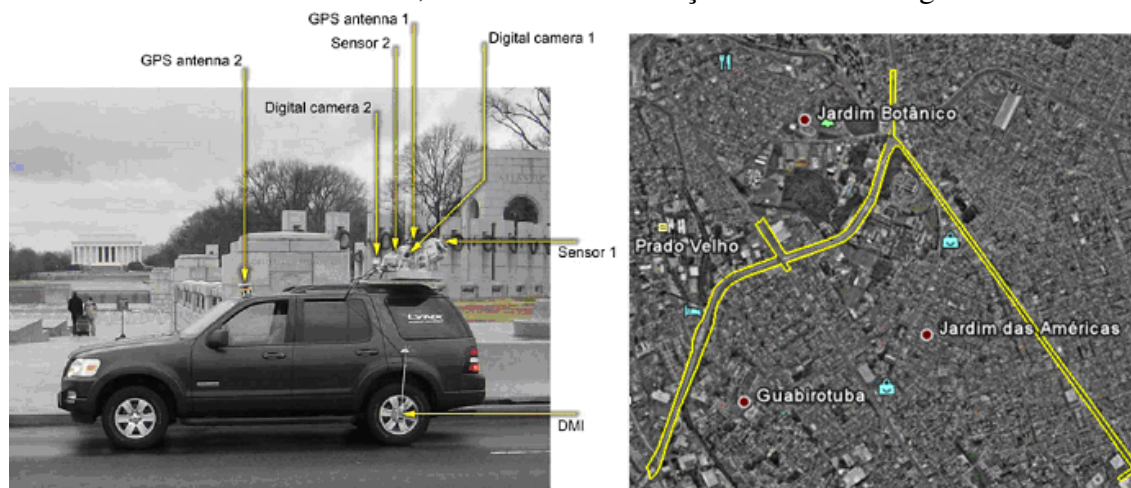


Figura 3. Na figura à esquerda segue a ilustração do equipamento Lynx acoplado em um veículo utilitário (Fonte: Optech, 2010) e a imagem a direita ilustra o percurso realizado pelo sistema móvel na cidade de Curitiba.

O equipamento laser utilizado foi o Lynx Mobile Mapper (modelo V200), acoplado em um *rack* sobre um veículo do tipo Dobló, a uma velocidade de navegação de 50 a 80 km/h, variando de acordo com o tráfego nas vias. O levantamento consistiu na emissão de pulsos laser em uma determinada frequência que foram dirigidos por um sistema óptico em direções variadas (360°), conforme ilustra a Figura 4. O sistema registra a distância para cada um dos pulsos emitidos até a superfície de interesse, sendo também registrada a posição e a orientação do conjunto (GPS/INS), de modo a conhecer a inclinação do feixe. E neste caso, também se tem a medição de até 4 retornos por pulso, permitindo assim a diferenciação de objetos próximos e/ou distantes do sensor.

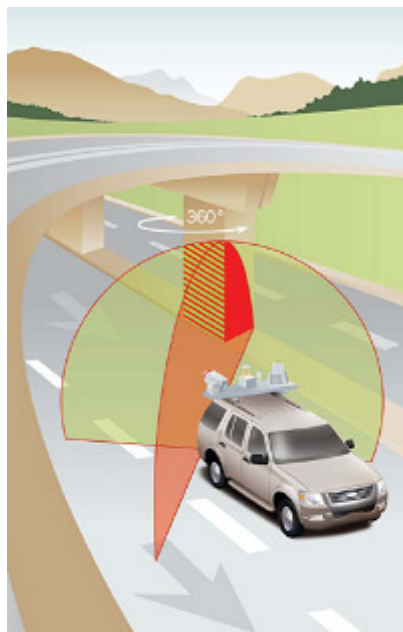


Figura 4. Varredura 360° do sistema laser móvel (Fonte: Optech, 2010)

Depois de realizada a varredura, os dados brutos foram processados pelo método diferencial utilizando informações da base Unicamp mantida pela rede Manfra (empresa no ramo de vendas e locação de equipamentos topográficos) de monitoramento contínuo de GPS. O processamento foi realizado utilizando os *softwares* POSPac MMS 5.3 (Applanix) para geração da trajetória e DashMap (Optech) para obtenção da nuvem de pontos laser. O resultado do processamento foi a nuvem de pontos georreferenciada ao *datum* WGS84 e suas respectivas altitudes referidas ao elipsóide (altitudes geométricas).

A etapa seguinte foi a validação da nuvem laser com os pontos coletados em campo por topografia. O levantamento dos pontos de campo foi realizado em lugares que fossem fotoidentificáveis, como por exemplo, cantos de calçadas, cruzamentos de vias, muros, entre outros, de modo que fossem pontos adequados para a validação da nuvem laser. A validação realizada no trabalho foi feita em uma parte do trajeto levantado, abrangendo 10 pontos de campo. Para a realização da comparação utilizou-se uma rotina automática do *software* TerraScan (TerraSolid), a qual criou uma superfície (por triangulação) com os pontos laser e interpolou os pontos de campo nesta. O resultado dessa rotina foi um relatório de saída, o qual mostrou as coordenadas (E, N, h) dos pontos de campo, a coordenada “h” interpolada dos pontos de campo na superfície laser e a diferença altimétrica obtida entre as duas metodologias. Depois da análise automática, foi feita uma análise manual ponto a ponto e comparada com a precisão nominal oferecida pelo fabricante do equipamento. A Figura 5 ilustra a comparação de um dos pontos levantados em campo (denominado de PC-102), próximo à sarjeta da via, com os pontos laser.

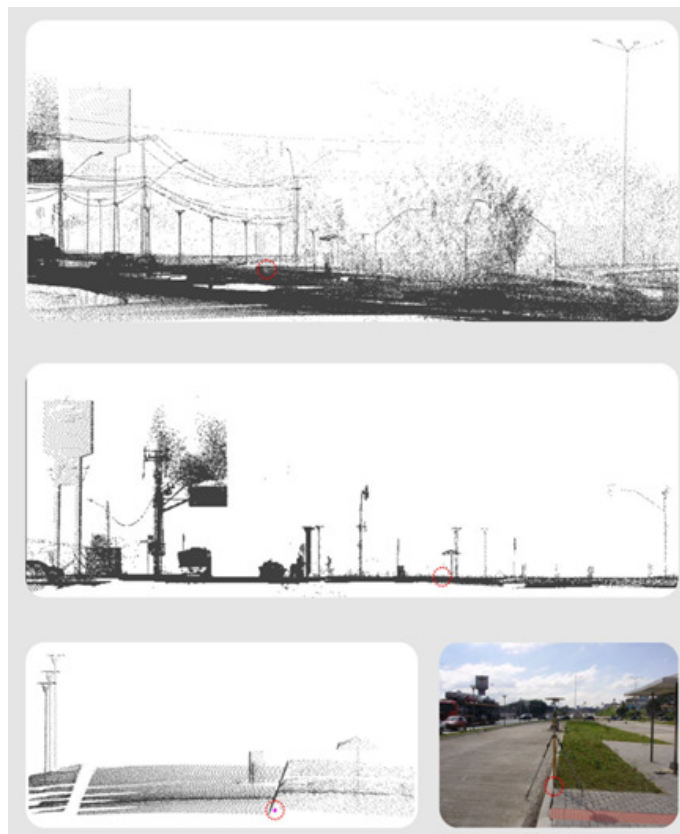


Figura 5. Comparação do ponto de campo (marcação em vermelho) em relação a nuvem laser em perspectivas diferentes.

3. Resultados e Discussão

Em função da comparação realizada com pontos levantados em campo, observou-se que a precisão altimétrica do mapeamento móvel resultou aproximadamente em cinco centímetros, conforme indica a Tabela 1.

Tabela 1. Coordenadas dos pontos levantados em campo (E, N, h ponto), altura do ponto de campo interpolada na superfície laser (h laser) e a diferença altimétrica entre os pontos de campo e os pontos laser.

| Nome do ponto | E | N | h ponto | h laser | Diferença (h ponto – h laser) |
|---------------|------------|-------------|---------|---------|-----------------------------------|
| PC99 | 676027.024 | 7183138.475 | 888.477 | 888.640 | 0.163 |
| PC87 | 677368.862 | 7184156.225 | 902.790 | 902.950 | 0.160 |
| PC94 | 676656.163 | 7183743.157 | 896.860 | 897.020 | 0.160 |
| PC103 | 675646.168 | 7182085.36 | 885.989 | 886.120 | 0.131 |
| PC89 | 677401.355 | 7184121.675 | 903.400 | 903.510 | 0.110 |
| PC88 | 677381.998 | 7184133.257 | 902.726 | 902.830 | 0.104 |
| PC101 | 675973.055 | 7183070.201 | 888.001 | 888.100 | 0.099 |
| PC100 | 675976.825 | 7183151.871 | 888.238 | 888.280 | 0.042 |
| PC28 | 679604.893 | 7181918.599 | 907.322 | 907.360 | 0.038 |
| PC102 | 675949.080 | 7183078.518 | 888.236 | 888.270 | 0.034 |

A seguir a Tabela 2 mostra as componentes estatísticas resultantes da avaliação acima.

Tabela 2. Componentes estatísticas

| | |
|------------------|-------|
| Mínimo Z | 0.034 |
| Máximo Z | 0.163 |
| Média absoluta Z | 0.047 |
| Desvio-padrão | 0.051 |

4. Conclusões

Em função da precisão obtida num primeiro momento e com base na técnica aplicada, pode-se dizer que a tecnologia laser móvel é promissora na área de levantamentos, bem como proporciona:

- Obtenção de dados de forma rápida em levantamentos de grande escala;
- Aquisição de dados com interrupção mínima do tráfego local, pois o método tradicional implicaria em uma busca exaustiva e manual de registros nas vias;
- Riqueza de informações nos três eixos de coordenadas (x, z e z);
- Custo baixo se comparado aos métodos convencionais;
- Coleta de dados durante o dia e a noite; e
- Equipamento adaptável em qualquer tipo de plataforma.

A maioria das áreas aplicáveis à tecnologia LIDAR em plataforma aérea (transporte, mapeamento e modelagem urbana, corredores, análises de risco de inundação, planejamento logístico, geologia, análises de bacias hidrográficas, reflorestamento, alterações ambientais e climáticas etc.) são também empregadas à tecnologia terrestre móvel, que oferece uma coleta de dados eficiente reduzindo drasticamente a operação de campo, os custos, o tempo de processamento e o esforço em relação ao método de levantamento tradicional. No entanto, cada usuário tem necessidades específicas que deverão ser atendidas para uma determinada aplicação, mas, devido à recente introdução da tecnologia LIDAR móvel terrestre, muitos desses produtos finais ainda estão sendo definidos, e as práticas para atender as expectativas do usuário ainda estão em desenvolvimento (Ussyshkin, 2009). Abaixo seguem alguns exemplos de áreas de aplicações da tecnologia laser móvel, coletados na cidade de Curitiba - PR, pela empresa Engefoto:

4.1 Transportes

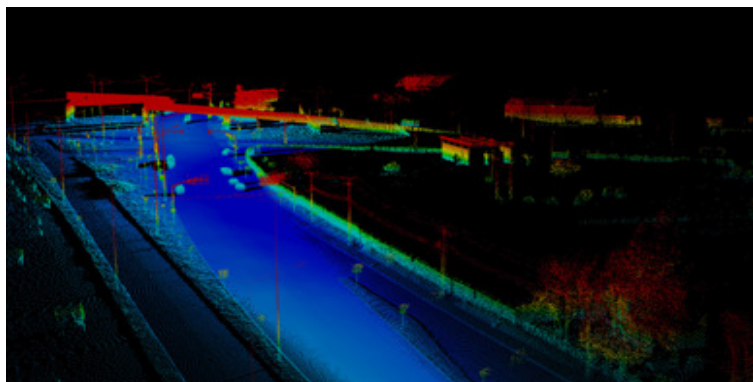


Figura 6. BR- 116

4.2 Modelagem urbana

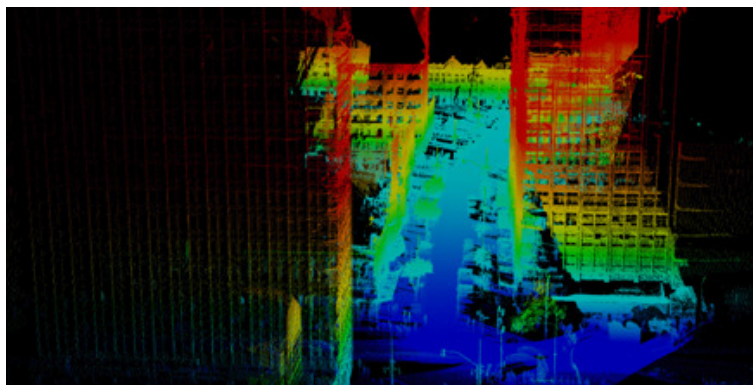


Figura 7. Centro da cidade

4.3 Detecção de fachadas históricas



Figura 8. Centro histórico da cidade

4.4 Detecção de árvores

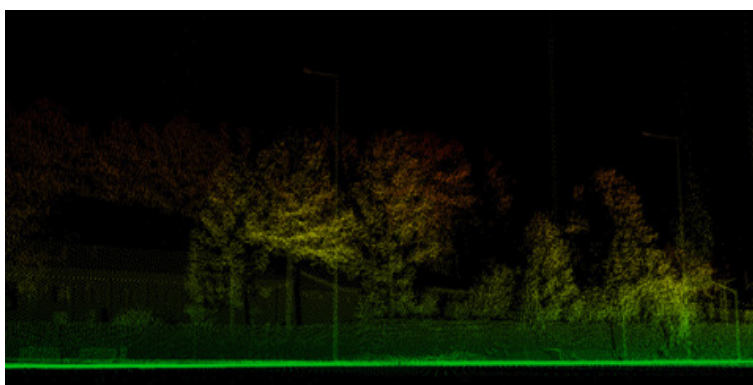


Figura 9. Árvores ornamentais nos canteiros da BR-116

4.5 Linhas de transmissão

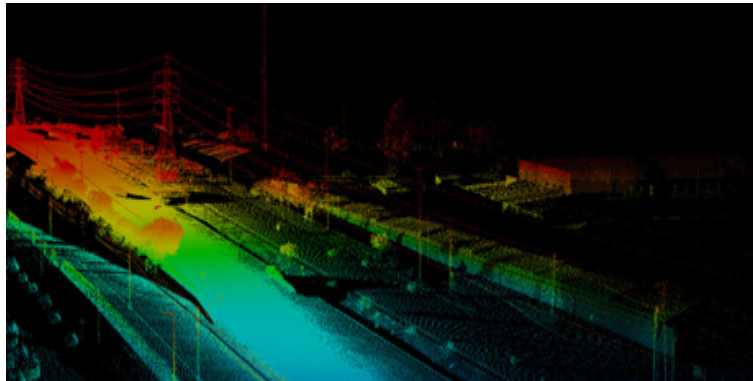


Figura 10. Avenida das Torres

5. Referências Bibliográficas

Optech. **Lynx_specs_sheet_100930**. Disponível em: <http://www.optech.ca/pdf/lynx_specs_sheet_100930_web.pdf>. Acesso em: 29.out.2010.

Optech. **Lynx Brochure**. Disponível em: <<http://www.optech.ca/pdf/Lynx%20Brochure.pdf>>. Acesso em: 29.out.2010.

Ussyshkin, R.V.; Boba, M. Performance Characterization of a Mobile Lidar System: Expected and Unexpected Variables. **ASPRS 2008 Annual Conference**, Portland, Oregon, April 28 – May 2, 2008.

Ussyshkin, R.V. Mobile Laser Scanning Technology for Surveying Application: From Data Collection to End-Products, **FIG Working Week 2009**, Surveyors Key Role in Accelerated Development, Eilat, Israel, 3-8 May 2009.