UTILIZAÇÃO DA TECNOLOGIA LIDAR EM APLICAÇÕES DA ENGENHARIA CIVIL

Bianca Schlickmann Felisbino[1], Yader Guerrero, Breno Barra[1]

[1]Universidade Federal de Santa Catarina – Centro Tecnológico de Joinville CEP 89239-270 – Joinville - SC, Brasil, biaschlickmann10@gmail.com, yagcivil@gmail.com, breno.barra@gmail.com

RESUMO

A evolução tecnológica ocorrida nas últimas décadas trouxe novos meios para levantar informações sobre o terreno de forma remota, entre elas se destacam as técnicas com o uso de sensores passivos (fotografias aéreas e imagens de satélite) e com o sensor Laser Scanner, também conhecido por *LIDAR (Light Detection and Ranging)*. As aplicações da tecnologia *LIDAR* são muito variadas e podem abranger diferentes âmbitos da ciência (geodesia, arqueologia, geografia, engenharia florestal, entre outras). Tendo em conta os usos desta tecnologia, pode se afirmar que uma das aplicações mais assíduas ocorre nas diferentes áreas da construção civil de grande extensão, em especial obras rodoviárias. A partir da análise de sua grande aplicabilidade, se conclui que é uma tecnologia eficaz, que reduz tempo e custo, além de proporcionar uma maior quantidade e qualidade de dados, podendo-se prevenir possíveis obstáculos na execução e abordar soluções com uma visão mais ampla da situação.

Palavras-chaves *– LIDAR, Sensoriamento Remoto, construção civil.*

ABSTRACT

The technological evolution of recent decades has brought new ways to retrieve information about the terrain remotely, among them, the techniques with the use of passive sensors (aerial photographs and satellite images) and the Laser Scanner sensor, also known as LIDAR (Light Detection and Ranging). The applications of LIDAR technology are very varied and can cover different areas of science (geodesy, archeology, geography, forestry, among others). Taking into account the uses of this technology, it can be affirmed that one of the most assiduous applications occurs in the different areas of the civil construction, especially roadways/railways construction. From the analysis of its great applicability, it is concluded that it is an efficient technology, which reduces time and cost, besides providing a greater quantity and quality of data, being able to prevent possible obstacles in the execution and to approach solutions with a broader vision of the situation.

Key words *— LASER, Remote Sensing, civil construction .*

1. INTRODUÇÃO

Em pesquisas elaboradas por Schawlow e Townes (1958) foram estabelecidas as teorias para a amplificação das ondas de luz por meio da utilização de Laser fundamentados nos princípios estabelecidos por Einstein em 1917. E a partir do surgimento, houve grandes avanços tendo em conta as perspectivas de utilização nas diferentes áreas [1].

O princípio de funcionamento da tecnologia LIDAR 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 [2].

As técnicas de modelagem de terreno têm sido amplamente aplicadas em ciências físicas e da terra. No mapeamento topográfico, representações digitais do terreno frequentemente são um dos elementos do processo de mapeamento. A modelagem topográfica de escala grande é de particular importância, pois forma a base para a modelagem de projetos de engenharia civil [3].

O *LIDAR* vem sendo utilizado, em nível mundial, há mais de vinte anos e para uma variedade de aplicações. Mais recentemente, tem sido utilizado para gerar Modelos Digitais do Terreno (MDTs) em mapeamentos de grande escala e alta acurácia [4-6]. No Brasil, os primeiros mapeamentos foram realizados no ano de 2001 [7].

2. O SISTEMA LASER SCANNER (LIDAR)

Ultimamente, a implantação e a aplicação dos sistemas *LIDAR (Light Detection and Ranging)* sofreram um enorme crescimento. A eficiência e a acessibilidade tornaram o *LIDAR* uma ferramenta principal para coletar uma variedade de dados de superfície de alta qualidade em períodos de tempo muito mais curtos do que antes para vários propósitos [8-10]. Além disso, a tecnologia de *hardware LIDAR* também foi melhorada, em particular a frequência de pulso aumentou significativamente; enquanto sistemas anteriores forneciam taxa de pulso de 33 kHz, os sistemas *LIDAR* de última geração são capazes de fornecer taxa de repetição de

pulso de até 100 kHz. Além disso, a precisão da variação melhorou para um nível de 2-3 cm, e a disponibilidade do sinal de intensidade tornou-se comum [11]. Estes desenvolvimentos resultaram na melhoria da qualidade dos dados em termos de maior densidade de pontos e melhor precisão, que por sua vez, abriu novas áreas de aplicação do *LIDAR* [12].

A tecnologia LIDAR possui sua própria fonte de energia que emite radiação eletromagnética em ondas curtas, motivo pelo qual é considerado um sensor ativo. Proposito que, quando comparado com o sistema fundamentado na fotogrametria, apresenta grandes vantagens, pois não depende da iluminação solar para a realização do levantamento, desta forma, os dados não são prejudicados pela presença de sombras [13].

Outro fator importante a favor da tecnologia *LIDAR* é que os pulsos laser podem penetrar pequenas aberturas em áreas com cobertura vegetal, dessa forma pode fornecer informações sobre a estrutura vegetal e o relevo da área. O sistema *Laser scanner* aerotransportado é um sistema de Sensoriamento Remoto ativo, que utiliza uma técnica de varredura ótico-mecânico com pulsos laser para a coleta de informações. O pulso laser considera o intervalo de tempo entre a emissão e recepção para determinar a distância entre o sensor e o objeto [14].

O sistema *Laser Scanner* gera coordenadas tridimensionais de pontos sobre uma superfície num curto período de tempo. Seu princípio de operação é bastante simples. Os pulsos de laser são gerados e emitidos pelo sistema com o auxílio de um espelho de varredura atingindo os objetos. Estes objetos refletem o pulso emitido e parte de sua energia volta para o sistema. Com isto, a medida da distância entre o sensor e o objeto iluminado é determinado através do intervalo de tempo entre a emissão e a reflexão (retorno) do pulso. O posicionamento 3D destes pontos pode ser determinado caso a posição e a orientação do pulso enviado seja conhecida em relação ao sistema de referência WGS 84. Para haver uma acurácia na determinação dos pontos é necessário haver uma boa sincronização entre os componentes envolvidos pelo sistema [15].

A varredura é feita no sentido transversal à direção da linha de voo, com a divergência configurável pelo sistema permitindo a determinação da largura da faixa abrangida pelo perfilamento laser. Com a realização do voo, o sistema fornece dados brutos com informações tridimensionais do terreno sobrevoado. Esses dados são de posição (GPS), orientação da aeronave e de cada pulso emitido (SMI) e intervalos de tempo (medida laser). Os dados são posteriormente integrados, gerando um grande conjunto de pontos que devem ser processados para modelar a superfície do terreno tridimensionalmente [7].

De forma geral, os sistemas *ALS (Airborne Laser Scanner)* podem ser divididos por um sensor laser encarregado de registrar o tempo entre os sinais (emitidos e recebidos) tendo em conta o posicionamento num sistema *Inercial de Navegação INS (Inertial Navigation System)* e um receptor GPS [16] (Figura 1).

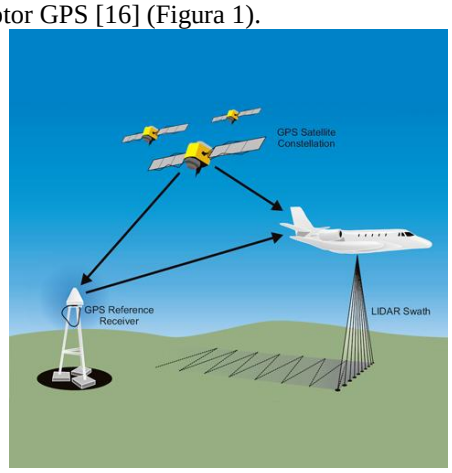

Figura 1. Princípios de um sistema ALS. http://www.arcland.eu/capture/lidar/1514-airborne-lidar-technology

3. UTILIZAÇÃO DA LIDAR NA ENGENHARIA CIVIL

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 [17].

Sistemas *LIDAR* modernos com precisão de faixa de nível cm e alta taxa de pulso, em teoria, poderiam ser aplicados a trabalhos de topografia, como processos de nivelamento [18], ainda mais, sistemas *LIDAR* baseados em terra estão sendo usados para monitorar movimentos de grandes estruturas e deslizamentos de terra, como complemento de outros instrumentos, por exemplo, estação total sem prisma [19].

Em muitos países, o *LIDAR* tem encontrado possibilidades de grande variedade de aplicações. Ele traz benefícios para fins de planejamento, projeto, inspeção e manutenção de trabalhos de infraestrutura. Pode ser utilizado no planejamento de corredores viários e simulações de impacto ambiental [20].

Segundo [21] turbinas eólicas estão crescendo em potencial de geração e, consequentemente, em tamanho. Para monitoramento e avaliação das características locais torres meteorológicas precisam cada vez monitorar os ventos em maiores alturas. Tendo em vista esta necessidade, técnicas de sensoriamento remoto estão sendo cada vez mais utilizadas para medir as características do vento a grandes alturas [22], reduzindo os custos operacionais. Particularmente, sistemas de perfilagem dos ventos pela tecnologia *LIDAR (Light Detection and Ranging)* estão

sendo aplicados para avaliar a velocidade e direção do vento dentro da camada limite atmosférica [23].

O *LIDAR* também se adapta bem para mapeamento de faixas lineares da superfície tais como faixa de domínio de rodovias. A aeronave pode voar ao longo do eixo da rodovia, resultando no mapeamento somente de áreas de interesse e provendo um mapa digital do terreno com alta resolução espacial, capturando informações sobre pavimento, sistema de drenagem e vegetação e edificações. O sensor pode ser ajustado para obter um ponto de medida *LASER* a cada poucos metros ou vários pontos por metro quadrado, com um pulso de 10 a 15 cm de diâmetro, provendo informações suficientes para criar um MDT adequado para muitas aplicações de engenharia, incluindo o alinhamento de autoestradas [24].

Segundo [17] 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 semiautomática 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 [17].

Dependendo da necessidade do usuário, a captura de realidade pode ter diferentes importâncias. Os modelos 3D de prédios que envolvem atividades de alta periculosidade, como usinas nucleares por exemplo, são usados para monitoramento e planejamento de modificações [25]. Em obras de terra, modelos criados por laser scanner são utilizados para verificar a movimentação de estruturas de contenção visando identificar possíveis deformações que podem comprometer a estabilidade da estrutura. O mesmo conceito é utilizado para a verificação de estruturas de pontes, identificando deformações que não são perceptíveis a olho nu, mesmo por um engenheiro especialista treinado [26].

5. CONCLUSÕES

A utilização da tecnologia LIDAR vem crescendo e se posicionando como uma excelente escolha para a utilização em grandes obras de engenharia civil, e este trabalho apresenta vários exemplos.

A tecnologia permite fazer uma análise geral e especifica de grandes obras como, por exemplo, as obras viárias, que apresentam uma grande extensão e com as tecnologias convencionais se torna difícil o levantamento e a visualização de todos os pontos existentes. Assim a tecnologia *LIDAR* torna-se um diferencial, na qual podemos fazer uma análise de toda a via em questão, com uma boa qualidade e altíssima precisão com boa produtividade, fatores estes que são cada vez mais presados em obras de engenharia, para extinguir possíveis erros.

Outros diferenciais citados, é a autossuficiência que esta apresenta, pois não necessita de uma boa iluminação solar para sua funcionabilidade, assim consegue realizar a captação dos dados mesmo em ambientes com sombras. Além da sua vasta visualização, a presença de vegetação alta e em grandes proporções não dificulta a captação do modelo do terreno por pontos para a tecnologia *LIDAR*, diferentemente das tecnologias fotogramétricas convencionais.

Após o levantamento dos diversos pontos positivos da tecnologia *LIDAR* provou-se que o investimento em tecnologias como está e sua utilização em maior escala vão melhorar diversas analises como, da produtividade da equipe, do melhor modo de construção e manutenção a se empregar além, da análise de pontos críticos. Assim, com a otimização destas ocorreram grandes avanços no ramo da engenharia civil. Ou seja, a implantação do *LIDAR* vai influenciar positivamente em parâmetros determinantes em uma obra, como produtividade, planejamento, tempo e custos tanto da implantação quanto da operação e controle de uma obra.

6. REFERÊNCIAS

[1] Schawlow, A. L. and Townes, C.H. "Infrared and Optical Masers. Physical Review".

[2] Dalmolin, Q. e Santos, D. R. "Sistema Laserscanner: conceitos e princípios de funcionamento" (3ª edição). Curitiba, UFPR, 2004.

[3] Petrie, G.; Kennie, T.J.M. "Terrain modelling in surveing and civil engineering". Londres: Editora Whittles, 1990.

[4] Kraus, K. and Pfeifer, N. "Determination of terrain models in wooded areas with airborne laser scanner data". ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 53, pp. 193–203. 1998.

[5] Means, J.E.; Acker, A.A.; Fitt, B.J.; Renslow, M.; Emerson, L. and Hendrix, C. 2000. "Predicting forest stand characteristics with airborne scanning LIDAR". Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 66, No.11, pp. 1367–1371.

[6] Berg, R. and Fergunson, J. "Mapping Ontario's highways with LIDAR". Gim International, Canadá, v. 15, n. 11, p. 44 a 47, nov. 2001.

[7] Schafer, A.G. e Loch, R.E.N. "Aplicação do sensoriamento remoto em projetos rodoviários: um histórico, uma realidade e uma necessidade como disciplina em cursos de engenharia". 2013. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/228829126_Aplicacao_do_sensoriamento_remoto_em_projetos_rodoviarios_um_historico_uma_realidade_e_uma_necessidade_como_disciplina_em_cursos_de_engenharia>. Acesso em: 15 maio 2018.

[8] Alexander, C.; Smith-Voysey, S.; Jarvis, C. and Tansey, K. "Integrating building footprints and LiDAR elevation data to classify roof structures and visualise buildings". Computers, Environment and Urban Systems. Vol. 33. 2009. pp. 285-292.

[9] Stephens, P.; Kimberley, M.; Beets, P.; Thomas, S.; Searles, N.; Bell, A.; Brack, C. and Broadley, J. "Airborne scanning LiDAR in a double sampling forest carbon inventory". Remote Sensing of Environment. Vol. 117. 2012. pp. 348-357.

[10] Næsset, E.; Gobakken, T.; Bollandsås, O.; Gregoire, T.; Nelson, R. and Ståhl, G. "Comparison of precision of biomass estimates in regional field sample surveys and airborne LiDAR-assisted surveys in Hedmark County, Norway". Remote Sensing of Environment. Vol. 130. 2013. pp. 108-120.

[11] C. Toth. "Future Trends in LiDAR". Proceedings of the ASPRS 2004 Annual Conference. Denver, USA. Unpaginated CD-ROM. 2004.

[12] Renslow, M. "The Status of LiDAR Today and Future Directions. Proceedings of the 3D Mapping from InSAR and LiDAR", ISPRS WG I/2 Workshop. Banff, Canada. Unpaginated CD-ROM. 2005.

[13] Andersen, H.E.; Mcgayghey, R.J. and Reutebuch, S.E. "A rigorous assessment of tree height measurements obtained using airborne lidar and conventional field methods".

[14] Wagner, W.; Ullrich, A.; Melzer, T., Briese, C. and Kraus, K. "From singles-pulse to fullwaveform airborne laser scanners: potential anda practical challenges". In: ISPRS Congress, 20., 2004, Istanbul, Turkey. Geo-Imagery Bridging Continents: proceedings…Istanbul, 2004. p. 201-206. (International archives of photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences, v.35. pt. B3. Comission 3. Disponivel em: < http://www.isprs.org/proceedings/XXXV/congress/comm3/papers/267. pdf>. Acesso em: 10 maio. 2018.

[15] Dalmolin, Q. e Santos, D. R. "Sistema Laserscanner: conceitos e princípios de funcionamento" (3ª edição). Curitiba, UFPR, 2004.

[16] Giongo, P.R.; Moura, G.B.A.; Silva, A.P.N. e De Medeiros, S.R.R., "Uso de sensoriamento remoto para estimar o saldo de radiação em áreas de cana-de-açúcar e cerrado." Revista Científica Eletrônica de Agronomia, Garça, v.18, n.1, p.8-21, jun, 2010.

[17] Bastos, B. C. e Ercolin Filho, L. "Utilização da tecnologia lidar em projetos de engenharia de infraestrutura viária". Disponível em: <http://www.anea.org.br/artigos/LidarInfraEstruturaViaria.pdf>. Acesso em: 15 maio 2018.

[18] Wenquan, H. "Research on Analyze Accuracy of LiDAR Data in Surveying Projects". The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Congress. Vol. XXXVII. Beijing, China. 2008. pp. 1253-1256.

[19] Yang, I.; Park, J. and Kim, D. "Monitoring the symptoms of landslide using the non-prism total station". KSCE Journal of Civil Engineering. Vol. 11. 2007. pp. 293- 301.

[20] Lemmens, M. and Lohani, B. "Geo-information from LIDAR. Gim International". Canadá, v. 15, n. 07, p. 30-33, july 2001.

[21] Nassif, F.B. "A tecnologia lidar aplicada a medições eólicas sobre corpos hídricos e oceano". 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/186188>. Acesso em: 16 maio 2018.

[22] Hasager, C. B.; Pena, A.; Christiansen, M.B.; Astrup, P.; Nielsen, M.; Monaldo, F.; Thompson, D. and Nielsen, P. "Remote sensing observation used in offshore wind energy". IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, IEEE, v. 1, n. 1, p. 67–79, 2008.

[23] Shu, Z.; Li, Q.S.; He, Y.C. and Chan, P.W. "Observations of offshore wind characteristics by doppler-lidar for wind energy applications". Applied Energy, Elsevier, v. 169, p. 150–163, 2016.

[24] Gutelius, Bill. "Engineering applications of airborne scanning lasers: reports from the field". Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. EUA, v.64, n. 04, p. 246-253, apr. 1998.

[25] Cantzler, H. "Improving architectural 3D reconstruction by constrained modeling". Tese (PhD.). School of Informatics, University of Edinburgh, 2003.

[26] Muller filho, A.V. "Captura da realidade por laser scanner e fotogrametria para a geração de BIMs". 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/157217>. Acesso em: 17 maio 2018.