

Técnicas e Sistemas Compreendidos pela Tecnologia LIDAR

Profa. Ms. Maria Cecília Bonato Brandalize¹
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Philips²

¹PUCPR - Depto. de Engenharia Civil
80215-901 Curitiba PR
mc@qwnet.com.br

²UFSC - Depto. de Engenharia Civil
88034-550 Florianópolis SC
jphilips@gmx.de

Resumo: O presente artigo é resultado de uma pesquisa bibliográfica elaborada como parte do desenvolvimento da tese de doutorado da autora sobre sistemas de varredura laser aerotransportados. Em função da variedade de técnicas e sistemas de varredura encontrados, durante a referida pesquisa, concluímos ser necessário caracterizá-los a fim de que os mesmos pudessem ser melhor compreendidos.

Palavras chaves: Tecnologia LIDAR, Varredura Laser, Sistemas, Técnicas.

Abstract: The actual paper is a result of a bibliographical research upon airborne laserscanning systems, subject of the author's doctorate thesis. Once the study and revision of the available bibliography has lead to a variety of systems and techniques, we have concluded that is necessary to characterize such systems and techniques in order to better comprehend them.

Keywords: LIDAR Technology, Laserscanning, Systems, Techniques.

1 Introdução

A tecnologia LIDAR, graças ao desenvolvimento e aos avanços alcançados por outras áreas da ciência, vem ampliando substancialmente o conjunto de técnicas e sistemas de medição específicos de suas áreas de aplicação.

Assim, ao iniciarmos o estudo da técnica de varredura laser aerotransportada, deparamo-nos com uma série de outras técnicas e sistemas a ela associados, que não eram do nosso conhecimento e, por isso, acreditamos serem também desconhecidos da grande maioria dos profissionais da nossa área de atuação.

Com a entrada de alguns destes sistemas no mercado brasileiro, algumas técnicas passaram a ser disseminadas, por determinadas empresas e profissionais da área, sem levar em conta o desconhecimento da maioria dos profissionais e usuários de cartografia, relativamente ao universo compreendido pela tecnologia LIDAR. Nosso objetivo é, portanto, a partir do conhecimento dos diferentes sistemas e técnicas compreendidos por tal tecnologia, caracterizar e compreender o seu emprego não só na cartografia, como em outras áreas afins.

2 A Tecnologia LIDAR

LIDAR, assim como RADAR (*Radio Detection and Ranging*), é um acrônimo para *Light Detection and Ranging*, sendo também referido por alguns autores como LADAR (*Laser Detection and Ranging*). Seu emprego está associado à determinação de distâncias por meio da emissão e detecção de ondas eletromagnéticas (no intervalo de comprimento de onda do laser), embora também possa ser empregado com outras finalidades. Entre elas, destacam-se:

- Medida de Velocidades
- Medida de Rotações
- Medida de Concentrações e Composições Químicas

Tais medidas são geralmente realizadas sobre alvos remotos, que podem constituir tanto objetos claramente definidos (ex.: superfície do terreno ou veículo) como objetos difusos (ex.: nuvem ou fumaça).

A tecnologia LIDAR, ao contrário do que muitos profissionais possam pensar, emprega sistemas sensores ativos tanto terrestres como aerotransportados, sendo que algumas aplicações compreendem, ainda, o emprego de sistemas espaçotransportados. Assim, entre as aplicações mais comuns da tecnologia LIDAR, podemos citar:

- Medida da Poluição Atmosférica
- Medida da Velocidade dos Ventos
- Medida da Velocidade de Veículos
- Cirurgias do Olho Humano
- Imageamento e Mapeamento Industrial
- Levantamentos e Mapeamentos da Superfície Terrestre
- Levantamentos e Mapeamentos de Superfícies Aquáticas

Para cada uma das aplicações citadas, distintas técnicas e sistemas podem ser empregados. Entre as técnicas mais comuns estão o perfilamento (*laser profiling*) e a varredura (*laser scanning*), que, como explicitado anteriormente, podem ser terrestres (*ground-based* ou *tripod-mounted*), aéreas (*airborne*) ou espaciais (*spaceborne*). Os sistemas, por sua vez, podem ser categorizados como:

- Atmosféricos
- Batimétricos
- Topográficos
- Outros

2.1 LIDAR Atmosférico

Sensores remotos ativos são uma importante ferramenta no estudo de processos atmosféricos. Estes apresentam como vantagem principal, relativamente aos sensores remotos passivos, as altas resoluções verticais alcançadas.

Embora possam ser utilizados em plataformas como balões ou aviões, tais sensores são normalmente operados de estações fixas ou de veículos terrestres ou marítimos, o que permite uma melhor caracterização das estruturas verticais que compõem as diversas camadas atmosféricas.

Neste caso, as técnicas geralmente empregadas envolvem a emissão de um sinal modulado na atmosfera que é refletido, captado e analisado. Entre os sinais que podem ser emitidos encontram-se as ondas de rádio, as ondas acústicas e as ondas luminosas.

As ondas luminosas são mais apreciadas e produzem melhores resultados nos estudos atmosféricos uma vez que os comprimentos de onda ópticos são da mesma ordem de magnitude que as moléculas de ar e que as partículas de aerossol, o que permite uma interação direta e eficiente com a atmosfera.

Uma vez que a luz emitida por um LIDAR interage com o alvo em estudo, esta é devolvida ao sensor com algumas de suas propriedades alteradas (frequência, intensidade, polarização). A ocorrência destas alterações no sinal emitido permite determinar vários parâmetros relacionados ao alvo. Entre eles: algumas

propriedades das nuvens e dos aerossóis; concentrações de ozônio; velocidade dos ventos; pressão; temperatura; e concentrações de vários gases. Pela medida do tempo de viagem (entre o emissor, o alvo e o detector), a distância ao alvo pode ser determinada e, pela digitalização do sinal detectado (a altas taxas de amostragem), é possível obter um perfil do parâmetro atmosférico estudado.

O quadro a seguir apresenta as diferentes técnicas associadas ao emprego de sistemas atmosféricos baseados na tecnologia LIDAR, bem como, suas respectivas áreas de aplicação.

Quadro 1 – Técnicas Associadas ao Emprego de Sistemas LIDAR Atmosféricos

Técnica	Aplicações
Espalhamento Rayleigh (<i>Rayleigh Scattering</i>)	Densidade das moléculas de ar e temperatura
Espalhamento Mie (<i>Mie Scattering</i>)	Nuvens, neblina, fumaça, poeira e aerossóis
Espalhamento Ressonante (<i>Resonance Scattering</i>)	Traço de espécies
Fluorescência (<i>Fluorescence</i>)	Traço de espécies: Na, K, Li, OH, etc.
Absorção e Espalhamento Diferencial (<i>Differential Absorption and Scattering - DAS</i>)	Traço de espécies: O ₃ , NO ₂ , SO ₂ , CH ₄ , CO e H ₂ O
Espalhamento Raman (<i>Raman Scattering</i>)	Temperatura e espécies: CO ₂ , H ₂ O e N ₂

Fonte: Subbaraya (1999)

É importante ressaltar que cada técnica e/ou aplicação está associada ao emprego de um determinado tipo de sistema LIDAR. Entre os mais comuns encontram-se o DIAL (*Differential Absorption Lidar*) e o Doppler Lidar.

Encontra-se em operação no mundo atualmente uma quantidade expressiva de sistemas atmosféricos que utilizam a tecnologia LIDAR. Os mais comuns são os terrestres e, enquanto os aerotransportados chegam a algumas dezenas, os espaçotransportados restringem-se a apenas algumas unidades.

2.2 LIDAR Batimétrico ou Hidrográfico

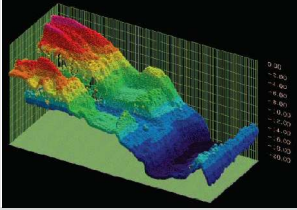

O LIDAR batimétrico ou hidrográfico (*Bathymetric* ou *Hydrographic* LIDAR) é um sistema que utiliza lasers de alta potência para que o sinal emitido possa penetrar as superfícies aquáticas e retornar ao sensor sem ser totalmente absorvido por elas. Para tanto, tal sistema costuma operar com baixas taxas de amostragem. Neste caso, a plataforma utilizada é aérea, o que implica na operação a baixas altitudes e velocidades a fim de aumentar a densidade dos pontos coletados.

Duas técnicas são normalmente empregadas para a coleta das informações acerca da profundidade das superfícies aquáticas. A primeira emite pulsos com um único comprimento de onda e registra os seus múltiplos retornos. A segunda opera com dois comprimentos de onda (infravermelho e verde) e registra os retornos correspondentes a cada um deles. O processamento das informações coletadas com este tipo de sistema resulta, normalmente, em um conjunto de pontos representativos da topografia da superfície submersa.

Um fator limitante crítico deste tipo de sistema é a claridade da água. Assim, superfícies aquáticas que apresentam alta turbidez, impedem o uso eficiente dos LIDAR batimétricos.

O quadro a seguir apresenta os tipos de sistemas atualmente em operação, no mundo, bem como os principais produtos obtidos do seu emprego.

Quadro 2 – Sistemas LIDAR Batimétricos e Principais Produtos Gerados

LIDAR	Produtos	Exemplo
SHOALS <i>(Scanning Hydrographic Operational Airborne Lidar Survey)</i>	Cartas Náuticas Projetos de Navegação Mapeamento Costeiro Classificação de Feições Detecção de Objetos Submersos	
LADS <i>(Laser Airborne Depth Sounder)</i>	Cartas Náuticas Delimitação e Mapeamento das Águas Territoriais Exploração e Desenvolvimento de Depósitos Costeiros Minerais, de Gás e Óleo Gerenciamento de Ambientes Costeiros Sensíveis e de Recifes de Corais Aplicações na Engenharia Naval	

Fonte: Optech (2004) e Tenix™ (2004)

Uma das características dos sistemas aerotransportados é o geo-referenciamento dos pontos coletados por meio de sistemas de posicionamento e orientação que integram observações GPS a medidas inerciais.

Outros sistemas batimétricos baseados na tecnologia LIDAR encontram-se atualmente em desenvolvimento. Entre eles está o CHARTS (*Compact Hydrographic Airborne Rapid Total Survey*) que integra um LIDAR hidrográfico de 1kHz, um LIDAR topográfico de 10kHz e uma câmara digital de 1Hz. Cada componente provê uma parte das informações necessárias ao mapeamento eficiente de zonas costeiras.

Embora a batimetria LIDAR seja uma técnica operacional estabelecida, o número de sistemas em uso atualmente, no mundo, é bastante restrito (uma dezena apenas).

2.3 LIDAR Topográfico

O LIDAR topográfico (*Topographic LIDAR*), ao contrário do LIDAR batimétrico, opera lasers pulsados com comprimentos de onda únicos (normalmente na faixa do infravermelho), de curtíssima duração e altas taxas de amostragem. É normalmente utilizado em plataformas aéreas (avião ou helicóptero), embora também possa ser utilizado em plataformas terrestres e espaciais.

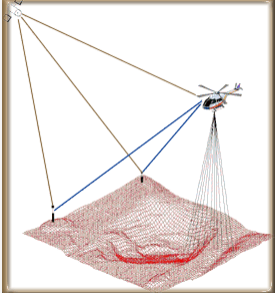
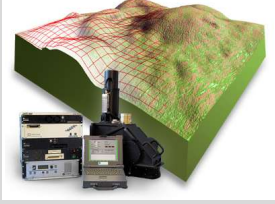
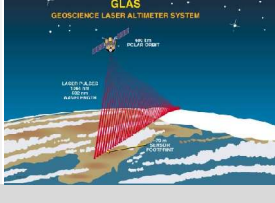

Assim como o LIDAR batimétrico, este sistema permite o geo-referenciamento dos pontos coletados sobre a superfície do terreno por meio do uso integrado de observações GPS e medidas inerciais. Este tipo de sistema opera, ainda, em conjunto com uma câmara digital (de vídeo ou quadros), com ou sem qualidade métrica.

A nuvem 3D de pontos geo-referenciados obtida permite gerar modelos da superfície do terreno e, em função dos retornos registrados para cada pulso (normalmente primeiro e último), é possível distinguir a superfície nua do terreno (DEM ou DTM) da sua cobertura (DSM).

Além dos aerotransportados, ainda são utilizados em levantamentos e mapeamentos da superfície do terreno, os sistemas terrestres. Estes são normalmente montados sobre tripés sendo, a superfície varrida, normalmente uma cena da superfície do terreno (alguma característica especial do relevo, incluindo obras arquitetônicas e de engenharia).

O quadro a seguir apresenta alguns dos sistemas topográficos (comerciais e de pesquisa) empregados em levantamentos e mapeamentos da superfície do terreno, relativamente às diferentes plataformas disponíveis.

Quadro 3 – Sistemas LIDAR Topográficos

LIDAR	Fabricante	Plataforma	Exemplo
ATLAS <i>Airborne Topographic Lidar System</i>	QinetiQ Ltd.	Helicóptero	
Geomapper	Laseroptronix AB		
TopEye	Osterman Helicopter AB		
ALS40 <i>Airborne Laser Scanning System</i>	Leica Geosystems	Avião Helicóptero	
ALTM <i>Airborne Laser Terrain Mapper</i>	Optech Inc.		
Falcon	TopoSys GmbH	Nave Espacial e/ou Satélite	
SLA <i>Shuttle Laser Altimeter</i>	NASA GSFC		
GLAS <i>Geoscience Laser Altimeter System</i>	NASA GSFC		
HDS <i>High-Definition Surveying</i>	Leica Geosystems	Tripé	
ILRIS <i>Intelligent Laser Range Imaging System</i>	Optech Inc.		
LMS-Z <i>Laser Measurement System</i>	Riegl GmbH		

Fontes: consultar referências bibliográficas





As aplicações mais comuns dos sistemas terrestres são: levantamentos topográficos; avaliação da qualidade de implantação de projetos de engenharia (*as-built*); modelagem topográfica; levantamentos volumétricos; ferramenta de visualização para projetos; preservação e conservação de patrimônio histórico; e estudos forenses.

O número de sistemas topográficos aerotransportados, atualmente em operação no mundo, está próximo de uma centena (três destes sistemas, inclusive, estão sendo operados no Brasil). Os espaçotransportados, por sua vez, estão normalmente vinculados a projetos de pesquisa (a maioria deles desenvolvidos pela NASA), o que reduz bastante o número de sistemas existentes e, o número de sistemas terrestres é desconhecido.

2.4 Outros Sistemas

Além dos sistemas mencionados anteriormente, existem outros cuja concepção está baseada na tecnologia LIDAR. Estes são normalmente voltados a aplicações industriais. O quadro a seguir apresenta alguns destes sistemas, bem como, algumas de suas aplicações.

Quadro 4 – Outros Sistemas e Aplicações

Sistema	Aplicações	Exemplo
CMS <i>Cavity Monitoring System</i>	Medida precisa das dimensões de cavidades ou vãos em minas subterrâneas	
FMCLR <i>Frequency Modulated Coherent Laser Radar</i>	Medida precisa (sem contato) de corpos automotivos	
CMM <i>Coordinate Measuring Machine</i>	Medida e inspeção (<i>in situ</i>) de peças ou partes de grandes objetos industriais	
LRC <i>Laser Range Camera</i>	Medida de distâncias a objetos, reconhecimento de objetos (fixos ou em movimento), navegação, modelagem 3D, reconstrução virtual de ambientes e automação de processos	

Fontes: Optech (2004), Leica Geosystems (2004) e NRC Canada (2004)

3 Considerações Finais

Devido à sua diversidade, caracterizar as técnicas e sistemas compreendidos pelo universo da tecnologia LIDAR, não é tarefa fácil. Esperamos, no entanto, que as informações apresentadas acima tenham sido úteis tanto aos profissionais da área de cartografia como aos usuários de produtos cartográficos.

4 Referências Bibliográficas

Heslin, J.B.; Lillycrop, W.J.; Pope, R.W.: *CHARTS: An Evolution in Airborne LIDAR Hydrography*. Joint Airborne Lidar Bathymetry Technical Center of Expertise, 2003, 4p.

Laseroptronix, AB: *Geomapper*. <<http://www.laseroptronix.com/>>. Acesso: 30/04/04.

Leica Geosystems: *ALS. HDS. LR. LTD*. <<http://www.leica-geosystems.com/>>. Acesso: 30/04/04.

NASA: *GLAS. SLA*. <<http://virl.gsfc.nasa.gov/>>. Acesso: 30/04/04.

NRC, Canada: *LRC*. <<http://www.nrc.ca/>>. Acesso: 30/04/04.

- Optech,Inc.:** *ALTM. CMS. ILRIS. SHOALS.* <<http://www.optech.on.ca/>>. Acesso: 30/04/04.
- OstermanHelicopter,AB:** *TopEye.* <<http://www.ostermanhelicopter.se/>>. Acesso: 30/04/04.
- Qinetiq,Ltd.:** *ATLAS.* <<http://www.qinetiq.com/>>. Acesso: 30/04/04.
- Riegl,GmbH:** *LMS.* <<http://www.riegl.co.at/>>. Acesso: 30/04/04.
- Subbaraya,B.H.:** *Lidar in Atmospheric Studies.* Symposium Proceedings on Advanced Technologies in Meteorology, Chapter 6, Ahmedabad, Índia, 1999.
- Tenix,Ltd.:** *LADS.* <<http://www.tenix.com/>>. Acesso: 30/04/04.
- Toposys,GmbH:** *FALCON.* <<http://www.toposys.com/>>. Acesso: 30/04/04.