



<sup>1</sup>Anderson da Silva Monteiro

<sup>2</sup>Celso Borges Pinto Filho

<sup>3</sup>Eduardo de Melo Beltrão

• Leandro Rogério Camboim  
da Silveira Cap Esp Fot

## PERFILAMENTO A LASER NA DETECÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DE OBJETIVOS MILITARES

### RESUMO

Este trabalho tem como principal objetivo mostrar algumas aplicações da técnica de perfilamento a laser na detecção e identificação de objetivos militares. Para isso faz uma breve descrição histórica do sistema e apresenta algumas de suas características técnicas fundamentais, introduzindo o conhecimento e dando suporte para o entendimento de alguns processos utilizados. O texto também pretende disseminar o conhecimento da técnica e divulgar aos órgãos de aerolevantamento e planejamento de missões táticas e estratégicas o uso eficaz do sistema como fonte de obtenção de produtos de alta qualidade e precisão nos dados e imagens por ele gerados.

**Palavras-chave:** LIDAR; perfilamento a laser; objetivos militares.

1 - CFOE FOT. Servia em 2005 no SERAC II como Elemento Credenciado em Segurança de Vôo, desempenhando a função de encarregado da Seção de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. Engenheiro Civil.

2 - CFOE FOT. Servia em 2005 no 1º/10º GAv como Técnico de Informações de Reconhecimento, desempenhando as funções de Auxiliar da Subseção de Instrução e da Subseção de Processamento e Interpretação Sensorial. Bacharel em Ciências Contábeis.

3 - CFOE FOT. Servia em 2005 no 1º/6º GAv como Técnico de Informações de Reconhecimento, desempenhando a função de Encarregado da Subseção de Interpretação Sensorial - Fotointerpretação. Licenciado em Matemática.

\* - Leitor Técnico: serve no 1º/10º GAv, é Chefe da Subseção de Processamento e Interpretação Sensorial, Chefe da Subseção de Sensores de Reconhecimento e Coordenador e Instrutor do Curso de Formação de Oficiais Especialistas em Fotografia.



## 1. INTRODUÇÃO

Desde os tempos remotos, a análise tática e estratégica de objetivos militares é ferramenta essencial no melhor desempenho de uma missão, como foi o uso de interpretação de fotografias aéreas tomadas de balões, na Guerra Franco-Piemontesa em 1859.

Atualmente, esse tipo de interpretação vem sendo cada vez mais necessário, devido à contra-inteligência, ao treinamento de equipagens, ao controle da exploração e à vigilância contra invasões nos limites fronteiriços, devendo ser analisados os aspectos físicos e situacionais do objetivo existente, englobando-o num contexto mais geral.

A identificação e a perfeita análise de objetivos existentes numa faixa de fronteira ou num Teatro de Operações possibilitam avaliar a vulnerabilidade ou o poder de defesa dessas regiões. Para isso é necessário buscar características próprias ou comuns dos diversos tipos de objetivos militares existentes, através de suas propriedades físicas, estruturais e funcionais, baseadas em suas respostas espectrais, associando-se elementos básicos de leitura para interpretação, tais como sombra, forma, tamanho, etc.

Uma dessas características, não menos importante que as outras, é a altura (ou elevação) dos elementos que constituem o objetivo a analisar, a qual, associada aos elementos de leitura para interpretação, pode denunciar a classificação, e até mesmo o grau de importância, de um objetivo militar. Por exemplo, o posicionamento de viaturas de combate e de peças de artilharia, assim como a altura de certas edificações, podem classificar o tipo e a funcionalidade de uma organização militar na região em que se encontra; do mesmo modo, a altura de mastros num sítio de antenas, a localização de NDB, VOR e de demais equipamentos eletrônicos podem denunciar os locais sensíveis de um aeródromo. A altura também é responsável por classificar a eficácia dos links de comunicação, transmissão de sinais e diversos outros dados associados.

Uma inovação se apresenta neste cenário, possibilitando a melhoria significativa da obtenção e análise dos dados plani-altimétricos de uma referida área (obtidos na sua maioria por inferências) e gerando uma imagem de qualidade igual ou superior às obtidas por outros tipos de sensores eletro-ópticos. Trata-se do perfilamento laser, que tem como principal característica obter coordenadas tridimensionais de pontos no terreno para construção altimétrica da área imageada.

O produto desse imageamento é uma nuvem composta por milhares de pontos georeferenciados, a qual, após sofrer um processamento geométrico, dá origem a uma imagem tridimensional da cena, com erros de altimetria e de planimetria na ordem de decímetros,



possibilitando análises minuciosas de áreas de interesse, tanto civil como militar. Além dessa precisão, o sistema também oferece um maior dinamismo no que tange a obtenção, processamento e análise da imagem gerada.

Pelo motivo de a interpretação de imagens ser a ferramenta essencial na descrição do emprego e na análise funcional dos diversos tipos de objetivos militares existentes, far-se-á, neste texto, uma apresentação das possíveis aplicações do sistema de perfilamento laser na detecção e identificação desses objetivos, visto que sua interpretação, através da imagem gerada pelo sistema, é substancialmente facilitada devido à alta resolução que possui e ao possível recurso de criação do modelo tridimensional da área referida.

Para uma melhor compreensão do assunto, será apresentado, de forma sucinta, o sistema e algumas de suas principais características, e, através de suas aplicabilidades, será enfatizado o benefício de sua utilização no reconhecimento tático e estratégico de objetivos militares.

## 2. DESCRIÇÃO DO SISTEMA

O sistema de mapeamento a laser, conhecido internacionalmente como LIDAR (*Light Detection and Ranging*) é uma tecnologia moderna, capaz de adquirir continuamente coordenadas espaciais de pontos da superfície terrestre em tempo real, que são os elementos primários para modelagem digital do terreno, bem como de qualquer elevação que nele se encontre.

A utilização do laser no sensoriamento remoto vem acontecendo desde a década de 60, para monitoramentos atmosféricos e oceanográficos, através de plataformas espaciais. Na década de 80, esse tipo de monitoramento passou a ser feito por instrumentos aerotransportados. Em 1993, um grupo de pesquisa alemão da Deutsche Forschungsgemeinschaft iniciou experiências voltadas ao levantamento terrestre, o que deu origem à Topscan GmbH, que, em conjunto com a empresa canadense Optech Inc., desenvolveu um método de perfilamento a laser considerado como o primeiro projeto demonstrativo da técnica. Atualmente, a NASA vem utilizando o Perfilador Laser na obtenção de mapas detalhados da superfície de Marte, através do MOLA (*Mars Observer Laser Altimeter*).

A tecnologia é definida basicamente como a combinação de três sistemas em um só: Sistema de Emissão de Feixes de Laser, GPS (*Sistema de Posicionamento Global*) e IRS (*Sistema de Referência Inercial*). Basicamente o equipamento é composto de duas partes: o sensor e o rack de controle (FIG. 1). No sensor estão localizados o guia de feixes laser, o scanner de varredura e o IRS. No rack de controle encontra-se o medidor de intervalo de tempo, o computador para registro dos dados, o receptor GPS, entre outros.



**FIGURA 1 - Sistema LIDAR da Optech Inc**

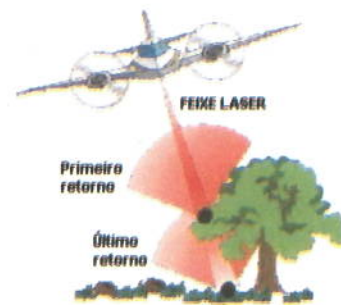
FONTE: <http://www.chsurvey.com.tw/Image/Tool/Altm.jpg>

Combinado com um sistema de receptores, o LIDAR é um sistema ativo que emite pulsos ópticos através de feixes de laser, que são transmitidos, refletidos e retornam ao receptor (FIG. 2). Esses pulsos (geralmente operados na faixa que abrange desde o ultravioleta até o infravermelho próximo – 300nm a 1600nm) viajam à velocidade da luz, o que permite o cálculo do tempo de ida e volta do pulso ao receptor, antes mesmo do próximo pulso ser emitido. Conhecida a velocidade da luz e o tempo de traslado do pulso, calculado pelo receptor, determina-se a distância do sensor até o solo. Essa distância, atrelada ao ângulo de emissão do pulso, especificado pelo operador, posição de contato do laser com o solo, dado pelo sistema GPS, e os ângulos de orientação da aeronave, fornecidos pelo IRS, são utilizados num pós-processamento para determinação de valores bastante precisos das posições x, y e z de cada pulso laser.

É possível que um mesmo feixe de laser possa encontrar obstáculos antes de atingir o solo, fazendo com que haja uma reflexão parcial dos pulsos emitidos (FIG. 3). A intensidade do pulso recebido oferece dados sobre a natureza da superfície do objeto. Através de uma análise da imagem gerada pode-se obter informações das características deste objeto, tais como textura, cor, etc. Mas a característica mais relevante do sistema de emissão laser é o registro do primeiro e do último pulso de um mesmo feixe, pois permite que se faça a distinção de objetos acima do solo, tais como árvores, construções, postes, etc., classificando-os de acordo com a forma.

**FIGURA 2 - Princípio de funcionamento**

FONTE: <http://soundwaves.usgs.gov/2003/01/Lidardiagram.jpg>

**FIGURA 3 - Reflexão do primeiro e último pulso**

FONTE: <http://www.cartografia.cl/download/106CT03.pdf>

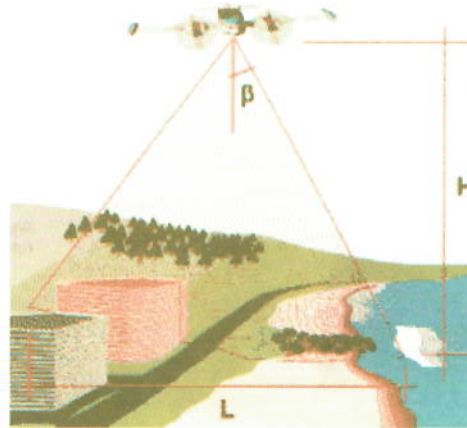
O dado adquirido e processado de um sistema LIDAR possui formato puramente digital. Os arquivos com as coordenadas x, y e z podem ser importados em vários softwares disponíveis no mercado, tais como os SIG (*Sistemas de Informações Geográficas*), que permitem a criação de um modelo digital por sombreamento da superfície imageada. O sistema também permite a gravação vídeo-imagem da área levantada no formato VHS ou SVHS, com menor fator de precisão, porém muito útil na identificação dos objetos imageados. Um recurso bastante viável e utilizado em navegação aérea é a criação de videoclipes animados em computador para um voo virtual, possibilitando-se fazer vistas panorâmicas da área com efeitos especiais.

### 3. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

O sistema de perfilamento a laser depende basicamente da detecção de luz refletida com algumas de suas propriedades alteradas (frequência, intensidade e polarização). Quanto mais especular for a superfície, maior será o desvio dos feixes emitidos e menor será o retorno de pulsos ao sistema.

A faixa de operação do laser, emitido pelo sensor, no espectro eletromagnético, por questões de segurança, varia entre 800nm a 1600nm, pois, devido à alta potência de energia, o laser, direcionado direta ou indiretamente aos olhos de um observador localizado na área do imageamento, pode causar danos irreversíveis.

Por ser um sistema ativo, pode-se operá-lo em qualquer horário diurno ou noturno. E por estar o laser dentro do espectro visível, o sistema possui limitações similares às verificadas nos



**FIGURA 4 - Relação altura de voo (H), ângulo de abertura ( $\beta$ ) e largura de imageamento (L)**

FONTE: <http://www.esteio.com.br/newsletters/paginas/004/o-funci.htm>

sensores fotográficos, como chuvas ou nuvens muito densas entre a área e a aeronave.

Existem fatores que devem ser levados em conta para que se obtenha um produto de qualidade num perfilamento laser, tais como o ângulo e a frequência de perfilamento, combinados com a altura de voo e a velocidade da aeronave.

A largura de um perfilamento depende diretamente do ângulo de abertura, que é de  $40^\circ$  para a maioria dos sistemas no comércio. O sistema aerotransportado tem condições de operar a uma altura que pode variar de 1.500' a 10.000', sendo possível chegar a 20.000' com o auxílio de dispositivos opcionais. Isto equivale a uma faixa de imageamento com largura máxima de aproximadamente 4,5km. Por exemplo, a uma altura de 5.000' teríamos uma largura abrangendo cerca de 1.100m (FIG. 4). A frequência de emissão dos feixes de laser emitidos pelo perfilador varia de 10 a 50kHz, sendo que alguns sistemas já operaram com 150kHz, que significa a possibilidade de medição de 150 mil pontos no terreno no intervalo de um segundo, obtendo uma massa altamente densa de dados altimétricos no terreno. Assim como a frequência, a divergência do pulso laser é fator relevante em certos tipos de imageamentos. Essa divergência nada mais é que o diâmetro do raio laser quando este incide no terreno.

A altura de voo e o ângulo de divergência do pulso são fatores que influenciam diretamente na divergência do raio. Para uma melhor penetração na vegetação, o raio laser deve ter um ângulo de divergência baixo, na ordem de 0,2mrad.

A altura de voo também possui elos com a precisão vertical e horizontal atingida pelo sistema. A precisão horizontal é, segundo estudos, de aproximadamente  $H/2000$ , sendo  $H$  a altura de voo. Por exemplo, a imagem de uma pista de pouso de largura igual a 25m, obtida a 5.000' de



altura, apresenta um erro próximo de 75cm. A precisão vertical dos dados gerados também é da ordem centesimal, ou seja, para uma altura de vôo de 10.000', obtém-se um erro equivalente a 35cm; para 4.000' esse erro é de 15cm. Para um reconhecimento tático cuja altura é da ordem de 1.000', o erro altimétrico estimado é praticamente desprezível.

Atualmente o sistema aerotransportado vem sendo utilizado em aviões de pequeno porte e de baixa performance, variando desde um Cessna 206/210 até um Piper Navajo. Também pode ser instalado em helicópteros, tais como o Robinson R44's, o Bell 206 Jet Ranger e até mesmo o AS-350 Esquilo, sem que se perca sua operacionalidade. Ainda convém salientar que o sistema é compatível com algumas plataformas que as Forças Armadas Brasileiras operam, sendo necessário apenas estudo referente à instalação física do equipamento e planejamento de cursos de capacitação e aperfeiçoamento da técnica.

Associados ao sistema LIDAR, vários processos de perfilamento podem ser utilizados, baseados no mesmo princípio de funcionamento e empregados para diversos fins. Entre estes processos pode-se citar:

- a. LIDAR Atmosférico ou Espectroscópico, comumente associado ao sistema DIAL (*Differential Absorption Lidar*), operado em plataformas aéreas e terrestres. Tem como objetivo caracterizar as estruturas verticais que compõem as diversas camadas atmosféricas; tais como: propriedades de nuvens e aerossóis, concentração de ozônio, poluição do ar, velocidade dos ventos, pressão, temperatura, etc;
- b. LIDAR Batimétrico ou Hidrográfico, comumente associado ao sistema SHOALS (*Scanning Hydrographic Operational Airborne Lidar Survey*), operado em plataformas aéreas. Tem como principal objetivo realizar mapeamento costeiro, classificar as feições aquáticas, detectar objetos submersos, assim como servir para confecção de cartas náuticas;
- c. LIDAR Topográfico, empregado por meio de vários sistemas, sendo os mais conhecidos o ALTM (*Airborne Laser Terrain Mapper*) e o ALS (*Airborne Laser Scanning System*). Normalmente utilizado em plataformas aéreas, embora também possa ser utilizado em plataformas terrestres e espaciais. Tem como objetivo realizar levantamentos topográficos, levantamentos volumétricos, avaliação da qualidade da implantação de projetos de engenharia, preservação e conservação de patrimônio histórico, etc.



#### 4. APLICAÇÕES MILITARES

Planejar sem informação é uma inutilidade. Da mesma forma, atacar o inimigo sem os dados de inteligência fornecidos pelo reconhecimento aéreo é como um tiro no escuro, com conseqüências previsíveis.

"As informações, como conhecimento necessário à sobrevivência do homem, são tão antigas como ele próprio. Os erros cometidos em vista da falta ou do desuso de informações, somados às naturais e conseqüentes sanções, são antigos e alcançam nossos dias".

João Ricardo da Cunha Croce Lopes

Atualmente o SID (*Sistema de Inteligência de Defesa*) é suprido de diversas imagens geradas pelo sensoriamento remoto, o que lhe assegura, entre outros aspectos, seu aperfeiçoamento, o monitoramento do território brasileiro e condições para se obter eficácia na produção de conhecimento de Inteligência, mediante integração das fontes humanas, de sinais e de imagens. Voltado ao mesmo fim pode-se citar o sistema de perfilamento a laser, que é mais uma ferramenta de geração de imagens, as quais podem contribuir para os fins do SID.

Caracterizado pela geração de um produto com alto grau de resolução e exatidão de dados, o sistema de perfilamento a laser é uma ferramenta que se enquadra em vários parâmetros que até então não se obtinham com os sensores existentes. Esses parâmetros (precisão decimétrica de plani-altimetria, velocidade de aquisição e processamento, etc.), quando supridos de informações relativamente exatas para posterior análise, fornecem dados que caracterizam tanto os aspectos detalhados quanto os mais amplos da área imageada.

A detecção, identificação e interpretação acurada de uma imagem depende única e exclusivamente do nível de conhecimento do seu intérprete, de sua qualidade resolutive e dos recursos que ela pode oferecer. Assim, uma equipe bem treinada, tendo à sua disposição uma imagem oriunda do laser scanner, tem a capacidade de fornecer informações cruciais de um alvo, tanto tático quanto estratégico.

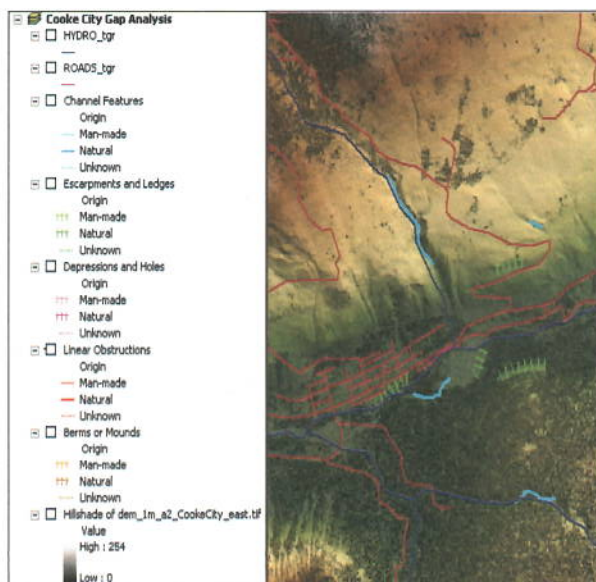
Uma das aplicações básicas do sistema laser, e a mais comumente utilizada, é o mapeamento topográfico. Empresas do mundo inteiro, e especialmente as brasileiras, já operam sensores do tipo ALTM nos campos do sensoriamento remoto, fotogrametria e mapeamento, com a finalidade de adquirir modelos digitais de terreno e de elevação. Trabalhos como os de obras viárias, detecção de construções clandestinas, determinação de áreas de potencial hidráulico,



áreas de mineração, de reflorestamento, dentre outras, fazem parte do rol de produtos oferecidos pela técnica mencionada. Essas aplicações, embora mais direcionadas às atividades civis, também estão atreladas aos interesses estratégicos militares.

Pode-se citar, como parte dos interesses militares, a determinação de áreas que oferecem domínio e segurança para atividades de tropa. Um fator relevante no emprego de força num teatro de operações é a localização e ramificação de cursos d'água, dimensões de fendas no solo, dados de elevações e depressões topográficas, dentre outros. Esses parâmetros devem ser considerados importantes, tanto para o emprego de equipamentos rodantes como para o desdobramento de posições de artilharia.

Estudos recentes feitos pelo ERDC (*Centro de Desenvolvimento e Pesquisa em Engenharia do Exército Americano*), com o apoio do Centro de Pesquisas Geológicas dos EUA, mostraram a utilização do sistema LIDAR como ferramenta na elaboração de técnicas para gerenciamento, análise e distribuição de dados geoespaciais voltados à melhoria de travessia de obstáculos no terreno (fendas, fossos, pontes, rios, etc.) por parte de tropas e veículos de combate, empregando maior dinâmica e evitando o desperdício de tempo e de equipamentos. A alta resolução das imagens geradas pelo sistema LIDAR facilita o planejamento tático de missões, determinando corredores de mobilidade mais adequados para engenharia de combate nas operações de assalto e de movimentação. Também possibilita capacidade estratégica para tomada prévia de decisões, aumentando a probabilidade de sucesso na missão (FIG. 5).



**FIGURA 5 - Mapa de apoio às atividades de tropa e carros de combate confeccionado com dados LIDAR**

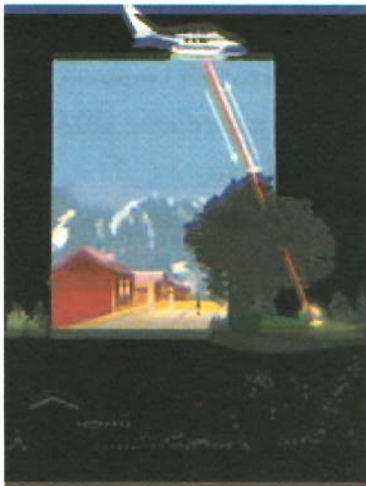
FONTE:

<http://www.tec.army.mil/publications/Gap%20Analysis%20Final%20Report%20FY04.pdf>



A tecnologia LIDAR tem a característica essencial de oferecer dados precisos de dimensões no terreno. Assim, valores significativamente exatos de parâmetros operacionais como largura de rios, profundidade de fossos e elevações do terreno, são facilmente determinados. Vale salientar que, pela sua característica de precisão tridimensional, é possível também descobrir posições e classes de peças de artilharia ou de blindados de uma tropa, o que denuncia o seu poder bélico e sua capacidade de locomoção na área em estudo. Também é possível descobrir rastros de carros de combate e de tropas de infantaria pela resposta espectral da imagem sensoriada feita através da reflexão da luz. Esta característica, unida com o modelo altimétrico da área, também permite a detecção e identificação de possíveis áreas camufladas, dando subsídio na distinção da situação real ou simulada de alvos. O modelo altimétrico também auxilia na identificação dos sistemas de comunicação e de engenharia de combate, por meio da disposição do sítio de antenas e dos equipamentos característicos naquele setor.

Ainda enfatizando as aplicações nas atividades de tropa, uma das que mais despertam atenção é a possibilidade de o sistema detectar alvos encobertos por vegetação (FIG. 6). Calibrando o sistema para que haja uma alta gama de emissão de pulsos laser, é possível que alguns desses pulsos transpassem a copa das árvores e reflitam em objetos que estejam sob este anteparo. Os pulsos laser que retornam ao equipamento geram uma imagem tridimensional do alvo sensoriado, com detalhes considerados relevantes para identificação e interpretação do mesmo. Informes mostram um trabalho desenvolvido pelo governo boliviano, que utilizou o sistema laser ALS-50 para detecção de acampamentos de narcotraficantes abaixo da selva boliviana, ou seja, edificações encobertas pela vegetação principal e que em uma imagem fotográfica seriam dificilmente identificadas.



**FIGURA 6 - Detecção de objetivos encobertos por vegetação**

FONTE:

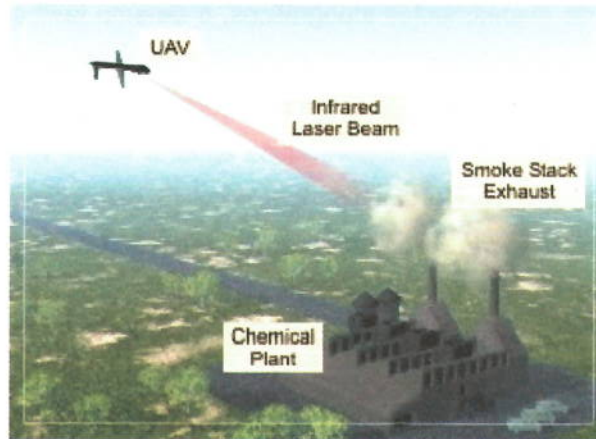
[http://www.aeromap.com/data\\_acquisition/lidar/return\\_edu\\_lidar.jpg](http://www.aeromap.com/data_acquisition/lidar/return_edu_lidar.jpg)



Ainda no campo de mapeamentos topográficos, o sistema também é capaz de realizar levantamentos do relevo subaquático através do LIDAR Batimétrico. Esse sistema mede a profundidade fazendo incidir feixes de laser de alta potência na água. São utilizados feixes infravermelhos, que são refletidos pela superfície da água, e feixes verdes, que penetram na camada líquida refletindo no fundo. A profundidade é calculada pelo intervalo de resposta desses feixes ao receptor. Os fenômenos da absorção, difração e refração limitam a profundidade máxima detectável, sendo em torno de 20 a 30 metros, com uma precisão batimétrica de 15cm aproximadamente. Para uma maior densidade de pontos coletados, opera-se em baixas altitudes e velocidades. A turbidez da água é um fator limitante no uso eficiente do sistema. Esta atividade é bastante útil na delimitação de canais navegáveis nas proximidades de portos, monitoração de cardumes e na detecção de perigos submersos em zonas de difícil acesso para embarcações. Também pode se mostrar eficaz na detecção de objetos submersos localizados próximos à costa. Isto significa que o sistema também pode ser utilizado em vigilância costeira contra possível ataque submarino, modalidade largamente empregada nas operações militares reais.

A tecnologia LIDAR também é bastante utilizada no conhecimento dos fenômenos atmosféricos e, conseqüentemente, ferramenta bastante utilizada no estudo da poluição do ar. Com o mesmo potencial de uma radiossondagem atmosférica e possibilidade de captação de dados em tempo real, o Centro de Lasers e Aplicações do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) utilizou a técnica LIDAR para medir o espalhamento de luz na vertical da atmosfera, contribuindo para estudos detalhados das variáveis que compõem os poluentes do ar.

O desenvolvimento do sensoriamento remoto a laser se tornou um poderoso instrumento na avaliação da presença de partículas e gases na atmosfera, por meio da monitoração de emissão de gases das chaminés das indústrias. Isso fez com que se desenvolvessem estudos voltados à área de sistemas de vigilância militar para detecção de fabricação de armas químicas e biológicas (FIG. 7). O Exército dos EUA usou a tecnologia LIDAR como primeira linha de defesa num ataque provido de agentes químicos e biológicos. Pesquisadores da Fibetek Inc., juntamente com o apoio do Exército norte-americano, calibrou o sistema para uma faixa de detecção entre 310nm e 445nm, utilizando lasers na faixa do ultravioleta e do infravermelho direcionados diretamente às chaminés das indústrias, detectando e identificando as bactérias na atmosfera através de informações espectrais características. Essas bactérias, constituintes dos agentes biológicos, apresentaram-se fluorescentes no resultado do perfilamento, contrastando-se com diversas outras detectadas. Também foi constatada a possibilidade de detecção desses tóxicos num raio de até 3km de distância. Atualmente esse sistema vem sendo utilizado pelo IPEN para medir o grau de poluição urbana do Estado de São Paulo.



**FIGURA 7 - Detecção de fabricação de armas químicas e biológicas**

FONTE: <http://www.laseninc.com/military.html>

Atualmente, existem três sensores LIDAR operando no Brasil. Um deles foi adquirido pela Universidade Federal do Paraná, onde pesquisadores estão desenvolvendo estudos nos mais diversos ramos da tecnologia de imageamento a laser. Embora voltados ainda a mapeamentos topográficos e aplicações de desenvolvimento urbano e florestal, o sistema vem adquirindo conceito amplamente positivo, pois oferece capacidades técnicas únicas para muitas aplicações que requeiram precisão altimétrica, reduzindo tempo e esforço. Desenvolvimentos na área militar começaram a surgir no Brasil e no mundo através das técnicas supramencionadas, alimentando o chamado Sensoriamento Remoto de Defesa. Vale salientar que a aplicação militar do sistema é bastante útil em operações realizadas em tempo de paz, devido à baixa performance que deve possuir a aeronave para obtenção de bons resultados no imageamento. Aplicações em ambientes hostis vêm sendo estudadas no mundo inteiro, com a aplicação de plataformas VANT (*veículo aéreo não tripulado*), equipadas com o sistema LIDAR aerotransportado. Ainda assim espera-se que abordagens mais consistentes sejam elaboradas nesse campo e que venham fomentar estudos de novas técnicas de atuação na vigilância e na defesa nacional, grande paradigma para qualquer força militar.

#### **4. CONCLUSÃO**

A obtenção de dados de inteligência concernentes às atividades de defesa e de reconhecimento é uma necessidade que nasceu com o gênero humano. Com o Brasil não poderia ser diferente. Desde os primórdios da história militar brasileira sentiu-se a necessidade não só de



obter informações sobre o inimigo, mas também sobre nosso próprio território, de modo a dificultar qualquer investida no mesmo.

Hoje, o uso de imagens dos mais diversos tipos de sensores para práticas de defesa e obtenção de informações estratégicas é uma realidade. Estas imagens, à medida que a tecnologia avança para suprir demandas cada vez mais exigentes, melhoram consideravelmente sua qualidade, gerando dados mais confiáveis, o que permite o acesso a uma observação detalhada do objetivo, maior dinamismo no processamento e aumento do nível decisório para disseminação de ações rápidas e precisas, de tal forma que, se uma nação não dispuser destas informações, possivelmente estará em desvantagem tática e estratégica.

“O conceito de vigilância persistente não significa ter de vigiar continuamente, mas, sim, estar suficientemente presente a ponto de garantir um nível de qualidade de informação que permita agir operacional e apropriadamente”.

Steve Cambone, Subsecretário de Defesa dos EUA.

Cada tipo de sensor conta com uma particular vantagem sobre os demais, sendo a resolução espacial uma das principais distinções de aplicabilidade. Entre estes sensores, utilizáveis em ambiente puramente digital, destaca-se o sistema de perfilamento a laser, que, além de proporcionar uma resolução planimétrica compatível com as tolerâncias de mapeamento, também apresenta resultados surpreendentes quanto às tolerâncias altimétricas estabelecidas, permitindo avanços na capacidade de identificação e classificação de objetos, tais como a dos diversos tipos de objetivos militares existentes.

Além da capacidade de gerar dados plani-altimétricos confiáveis, o sistema LIDAR também possibilita a geração de imagens tridimensionais do objetivo sensoriado, com a capacidade de transladar e rotacionar a referida imagem, aumentando sobremaneira o poder de acurácia na análise de suas particularidades.

Como descrito no corpo deste trabalho, diversas técnicas podem ser utilizadas pelo sistema. Algumas delas podem servir como ferramentas na detecção de objetivos militares, principalmente quando estes se utilizam da dissimulação e do mascaramento como processos de camuflagem; outras são utilizadas de forma imprescindível no processo de mapeamento digital, tornando diversas fases empregadas pela fotogrametria (técnica atual e ainda largamente utilizada) mais eficazes, tais como a velocidade e a precisão na coleta de dados.

Assim, os sistemas LIDAR vêm despertando a expectativa de muitas empresas no setor de aerolevanteamento, e principalmente a dos órgãos de defesa, os quais precisam refutar sua idéia conservadora e adequar-se cada vez mais aos avanços tecnológicos. Afastar a hipótese de



ameaça técnica e tecnológica e criar oportunidades de obtenção de produtos e serviços mais rápidos, confiáveis e de menor custo são necessidades reais que, se bem planejadas, podem suprir toda demanda de informações imprescindíveis às atividades de defesa.

## REFERÊNCIAS

1. BLUNDELL, S. B.; GUTHRIE, V.; SIMENTAL, E. **Terrain gap identification and analysis for assured mobility**. U.S. Army Engineer Research and Development Center. Topographic Engineering Center, September 2004. Disponível em: <<http://www.tec.army.mil/publications/Gap%20Analysis%20Final%20Report%20FY04.pdf>>. Acessado em: 25 de maio de 2006.
2. BRANDALIZE, A. A. **Perfilamento a laser: comparação com métodos fotogramétricos**. ESTEIO Engenharia e Aerolevantamentos S.A. Disponível em: <<http://www.esteio.com.br>>. Acessado em: 10 de junho de 2006.
3. BRANDALIZE, M. C. B. **Estado atual dos sistemas ALS no Brasil e no mundo**. Florianópolis/SC, 2003. Disponível em: <<http://www.esteio.com.br/downloads/pdf/estado.pdf>>. Acessado em: 15 de abril de 2006.
4. BRANDALIZE, M. C. B.; PHILIPS, J. **Técnicas e sistemas compreendidos pela tecnologia LIDAR**. Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. COBRAC. UFSC, Florianópolis, 2004. Disponível em: <[http://www.geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/arquivo/cobrac\\_2004/004.pdf](http://www.geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/arquivo/cobrac_2004/004.pdf)>. Acessado em: 04 de maio de 2006.
5. CENTENO, J. S.; STEINLE, E.; VÖGTLE, T. **Análise de modelos numéricos de elevação derivados de laser scanner para monitoramento urbano**. Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. COBRAC. UFSC, Florianópolis, 2000. Disponível em: <[www.ipf.uni-karlsruhe.de/Projekte/SFB461/C5/publications/Florianopolis00.pdf](http://www.ipf.uni-karlsruhe.de/Projekte/SFB461/C5/publications/Florianopolis00.pdf)>. Acessado em: 19 de abril de 2006.
6. FALAT, D. R. **Perfilamento a laser para detecção de construções clandestinas e determinação de altura de edificações**. ESTEIO Engenharia e Aerolevantamentos S.A., Curitiba/PR, 2002. Disponível em: <<http://www.cartografia.cl/download/106CT03.pdf>>. Acessado em: 12 de abril de 2006.
7. PHOTONICS SPECTRA. Laurin Publishing. Technology World. **US Army tests LIDAR to detect biological toxins**. December 1998. Disponível em: <[www.photonics.com/content/spectra/1998/December/tech/78720.aspx](http://www.photonics.com/content/spectra/1998/December/tech/78720.aspx)>. Acessado em: 15 de junho de 2006.
8. SCHÄFER, A. G.; LOCH, R. E. N. **A tecnologia LIDAR no mercado brasileiro**. Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. COBRAC. UFSC, Florianópolis/SC, 2004. Disponível em: <[http://www.geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/arquivo/cobrac\\_2004/122.pdf](http://www.geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/arquivo/cobrac_2004/122.pdf)>. Acessado em: 12 de abril de 2006.
9. TOMMASELLI, A. M. G. **Um estudo sobre as técnicas de varredura a laser e fotogrametria para levantamento 3d a curta distância**. GEODÉSIA Online, abril 2003. Disponível em: <<http://www.geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/arquivo/2003/04.1/AT2003-res.htm>>. Acessado em: 18 de abril de 2006.
10. UEHARA, S. T.; SAWAMURA, P.; POZZETTI, L. M. V.; JESUS, W. C.; MATOS, C. A.; LANDULFO, E. **Uso da técnica LIDAR em tempo real no controle da poluição do ar**. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. Centro de Lasers e Aplicações, dezembro 2004. Disponível em: <[www.cori.rei.unicamp.br/BrasilJapao3/Trabalhos2005/resumos.doc](http://www.cori.rei.unicamp.br/BrasilJapao3/Trabalhos2005/resumos.doc)>. Acessado em: 27 de maio de 2006.