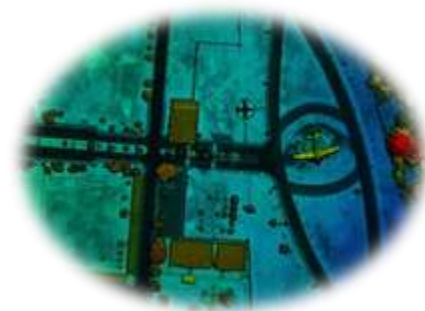


INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS DO SISTEMA LASER



Leonardo Ercolin Filho
Engefoto Engenharia e Aerolevantamentos S.A.
Consultoria de Pesquisas e Tecnologias
leonardoercolin@engefoto.com.br
Fone: +55 41 3071 4252



MundoGEO#Connect Latin América
Conferência e Feira de Geomática e Soluções Geoespaciais
18 à 20 de junho de 2013 – Centro de Convenções Frei Caneca – São Paulo, Brasil

Agenda

▶ Sistema LASER

- Definições
- Princípio de Aquisição
- Classificação

▶ Inovações Tecnológicas

- Equipamentos
- Pesquisas e Aplicações

▶ Projetos Executados

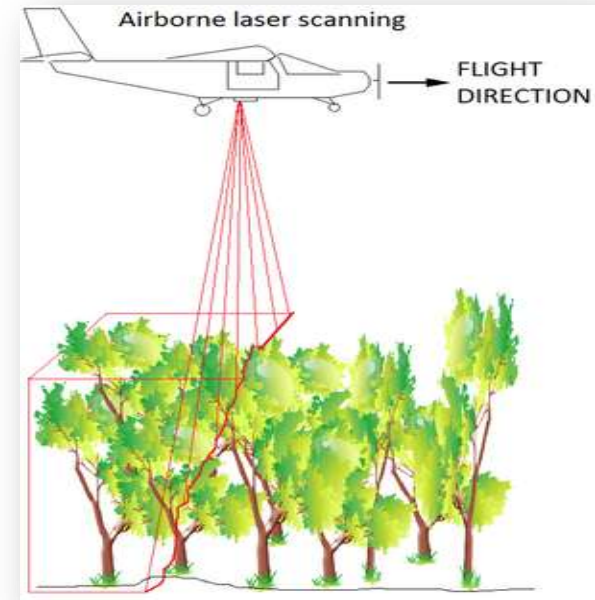
- Laser Terrestre Estático
- Laser Terrestre Móvel
- Laser Aerotransportado

▶ Considerações Finais

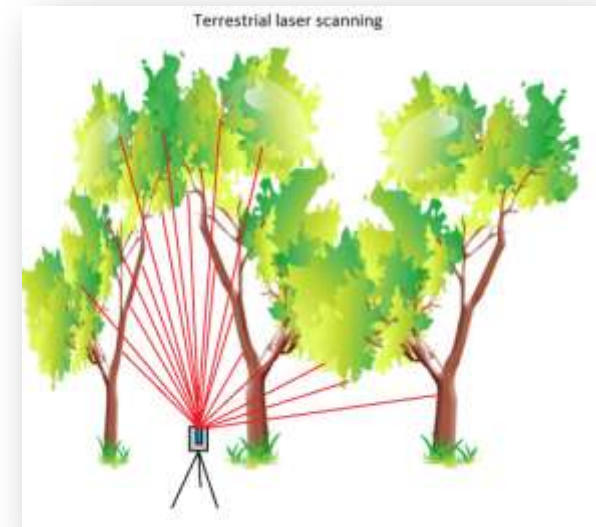
Sistema LASER

Definições

- ▶ O Sistema LASER (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) é uma técnica de sensoriamento remoto ativo baseada na tecnologia LiDAR (*Light Detection and Ranging*) que possibilita a determinação e coleta de pontos sobre a superfície terrestre através da emissão de pulsos laser no espectro eletromagnético do infravermelho próximo (NIR).
- ▶ Os pulsos gerados por um sensor LASER são emitidos na forma de varredura através de um espelho rotativo e as medidas de distância entre o sensor e a superfície são calculadas com base no tempo entre a emissão e o retorno do pulso (Δt).
- ▶ A determinação das coordenadas tridimensionais (X,Y,Z) dos pontos medidos pelo sensor num referido sistema de coordenadas ocorre por meio de informações de posição e orientação do sensor no instante (t) da medição de cada ponto através dos sistemas de Navegação Global por Satélites (GNSS) e Navegação Inercial (INS).



<http://wiki.awf.forst.uni-goettingen.de/>

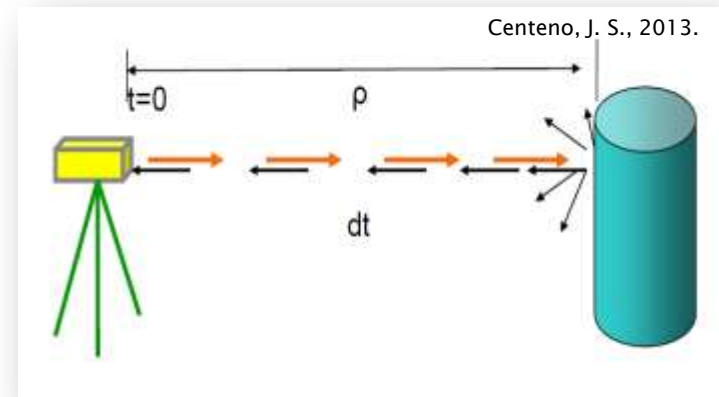
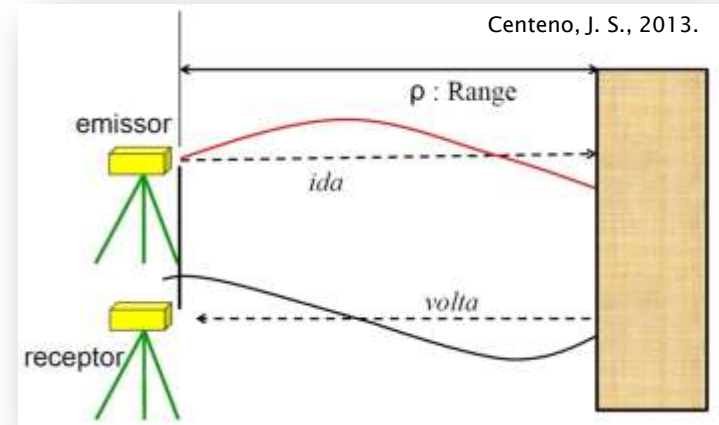


<http://wiki.awf.forst.uni-goettingen.de/>

Sistema LASER

Princípio de Aquisição

- ▶ A emissão dos pulsos de um sensor LASER pode ser feita por onda contínua ou onda pulsada.
- ▶ O sensor LASER de onda contínua mede a diferença de fase entre o pulso laser emitido e o recebido. Essa tecnologia é utilizada por sensores terrestres e aplicada para medição de curtas distâncias.
- ▶ O sensor LASER de onda pulsada gera pequenos pulsos com elevado pico de energia e alta taxa de repetição e a medição é feita com base no tempo entre os pulsos emitidos e recebidos (ToF). Essa tecnologia é utilizada por sensores aerotransportados.
- ▶ A frequência de emissão de pulsos (PRF) representa o número de pulsos laser emitidos por segundo. Ex:
 - 70kHz: 70.000 pulsos por segundo
 - 100kHz: 100.000 pulsos por segundo
 - 500kHz: 500.000 pulsos por segundo



Sistema LASER

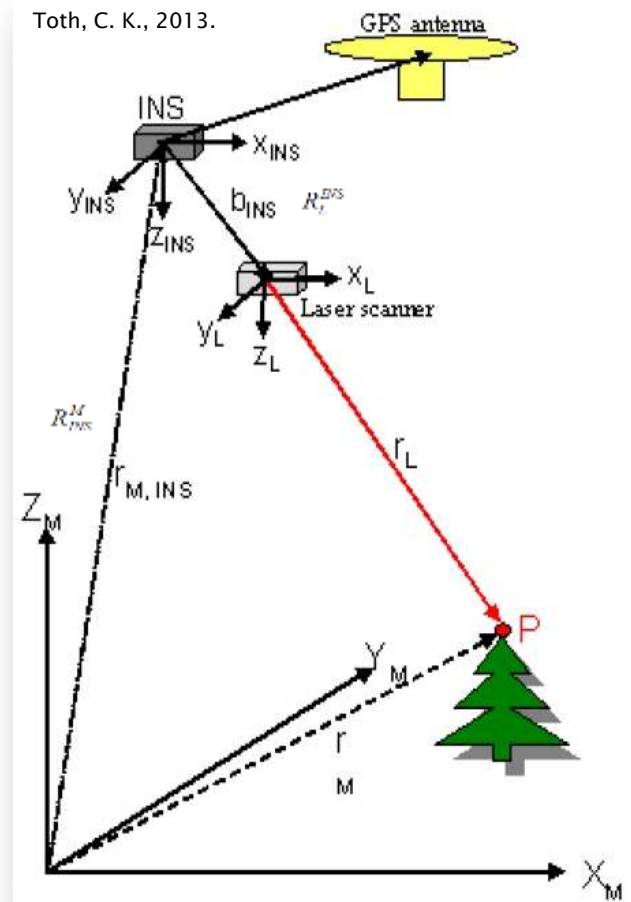
Princípio de Aquisição

- ▶ A obtenção de coordenadas tridimensionais dos pontos medidos pelo sensor LASER num referido sistema de coordenadas é dado por:

$$r_M = r_{M,INS} + R_{INS}^M (R_L^{INS} \cdot r_L + b_{INS})$$

- ▶ r_M = coordenadas tridimensionais no referido sistema de coordenadas;
- ▶ $r_{M,INS}$ = coordenadas tridimensionais do sistema inercial (GNSS+INS) obtidas no referido sistema de coordenadas;
- ▶ R_{INS}^M = matriz de rotação entre o sistema inercial (INS) e o referido sistema de coordenadas;
- ▶ R_L^{INS} = matriz de rotação do desalinhamento entre o sensor e o sistema inercial (INS);
- ▶ r_L = coordenadas tridimensionais do sistema de referência do sensor; e
- ▶ b_{INS} = vetor de offset do desalinhamento.

Toth, C. K., 2013.

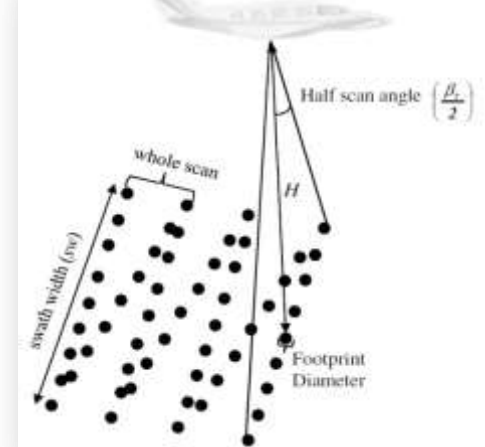


Sistema LASER

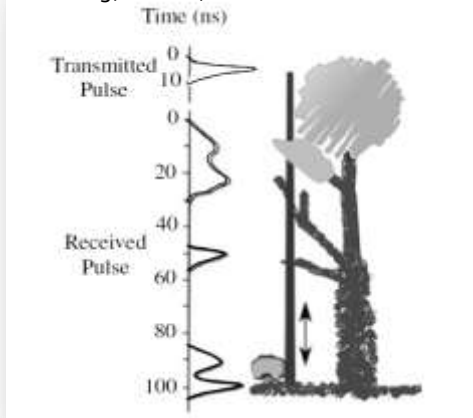
Princípio de Aquisição

- ▶ As variáveis que relacionam a densidade da nuvem de pontos coletada sobre a superfície são:
 - Frequência do pulso laser;
 - Ângulo de divergência do pulso;
 - Frequência de varredura;
 - Velocidade de voo;
 - Ângulo de varredura;
 - Altura de voo;
 - Topografia do terreno; e
 - Propriedades de refletância do objeto
- ▶ Cada ponto possui, além de sua posição tridimensional e informações do pulso, atributos de intensidade de retorno do pulso laser que são utilizados para:
 - Filtragem de dados;
 - Classificação do uso e ocupação do solo;
 - Detecção de mudanças no uso e ocupação do solo;
 - Calibração radiométrica; e
 - Detecção e extração de feições.

Kersting, A. P. B., 2011.



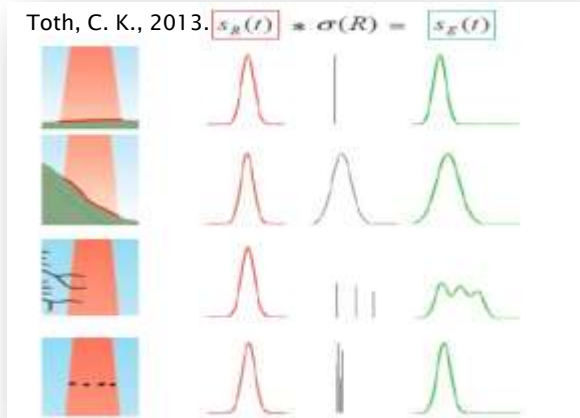
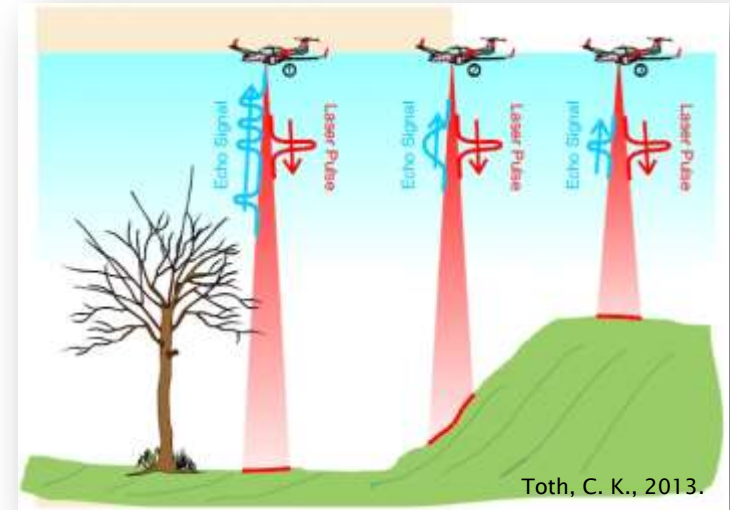
Kersting, A. P. B., 2011.



Sistema LASER

Princípio de Aquisição

- ▶ Avanços tecnológicos ocorridos nos sensores LASER vem permitindo que múltiplos retornos (ecos) de um único pulso sejam interpretados e armazenamentos;
- ▶ Essa tecnologia é conhecida como **LiDAR Full Waveform** e possibilita a análise dos diversos ecos de um pulso laser obtendo informações adicionais sobre o objeto refletido;
- ▶ Pesquisas vem sendo direcionadas para o desenvolvimento de metodologias de interpretação do comportamento dos ecos de um pulso laser;
- ▶ O objetivo é identificar padrões de comportamento que possam auxiliar na classificação e detecção de objetos na nuvem de pontos.



Sistema LASER

Classificação

Laser Terrestre Estático

Aplicações de alta precisão tridimensional

Informações de posição registradas pelo sistema GNSS

Aplicado na topografia de alta precisão, mineração, levantamentos As-Built, arquitetura, locação e monitoramento de obras

Laser Terrestre Móvel

Aplicações de mapeamento terrestre móvel

Informações posição e atitude registradas pelo sistema GNSS+INS

Aplicado em plataformas móveis como barcos, trens, carros e demais meios de locomoção

Laser Aerotransportado

Aplicações de mapeamento de grandes áreas

Informações de posição e atitude registradas pelo sistema GNSS+INS

Aplicado na captura de dados tridimensionais de grandes áreas como florestas, plantações e áreas urbanas

Inovações Tecnológicas

Equipamentos

► Laser Terrestre Estático (Terrestrial Laser Scanning)



FARO Focus 3D



RIEGL VZ-400



Leica HDS6200



Z+F IMAGER 5010C

Inovações Tecnológicas

Equipamentos

- ▶ Laser Terrestre Móvel (Mobile Laser Scanning)



RIEGL VMX-450



Scanlook



MDL Dynascan



Optech Lynx

Inovações Tecnológicas

Equipamentos

- ▶ Laser Aerotransportado (Aerial Laser Scanning)



Optech ALTM Gemini



Leica ALS-70



RIEGL VQ-580



AHAB Dragon Eye 400

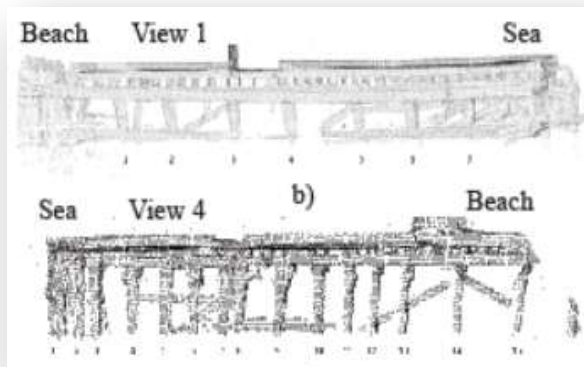
Inovações Tecnológicas

Pesquisas e Aplicações (Laser Terrestre Estático)

- ▶ **Medição de Deformações de Estruturas:**

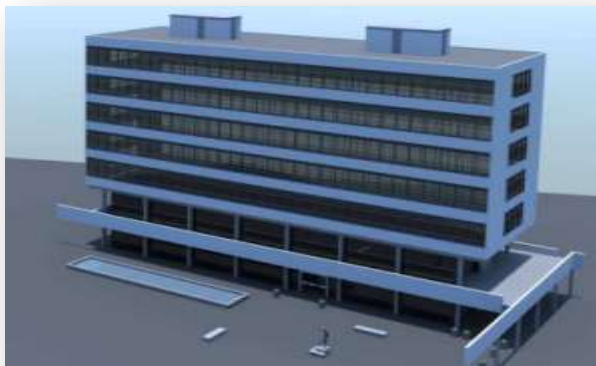


www.riegl.com

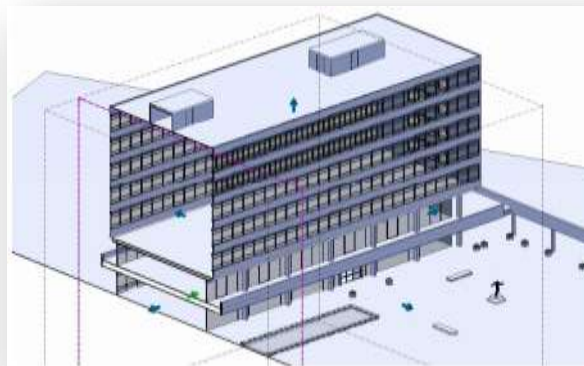


www.riegl.com

- ▶ **Modelagem tridimensional de Prédios e Construções:**



www.riegl.com



www.riegl.com

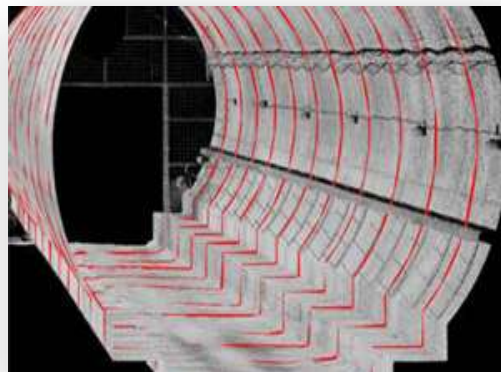
Inovações Tecnológicas

Pesquisas e Aplicações (Laser Terrestre Móvel)

► Mapeamento de Túneis:



www.riegl.com



www.riegl.com

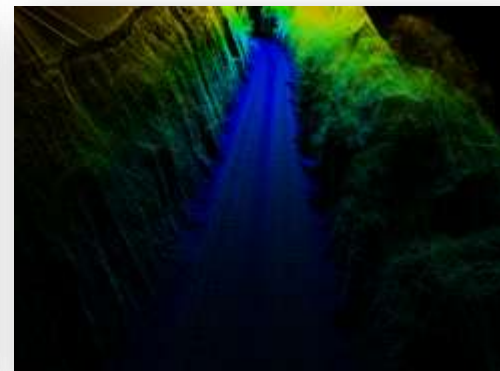
► Levantamento Topográfico Planialtimétrico de Rodovias e Ferrovias:



Engefoto, 2012



Engefoto, 2013

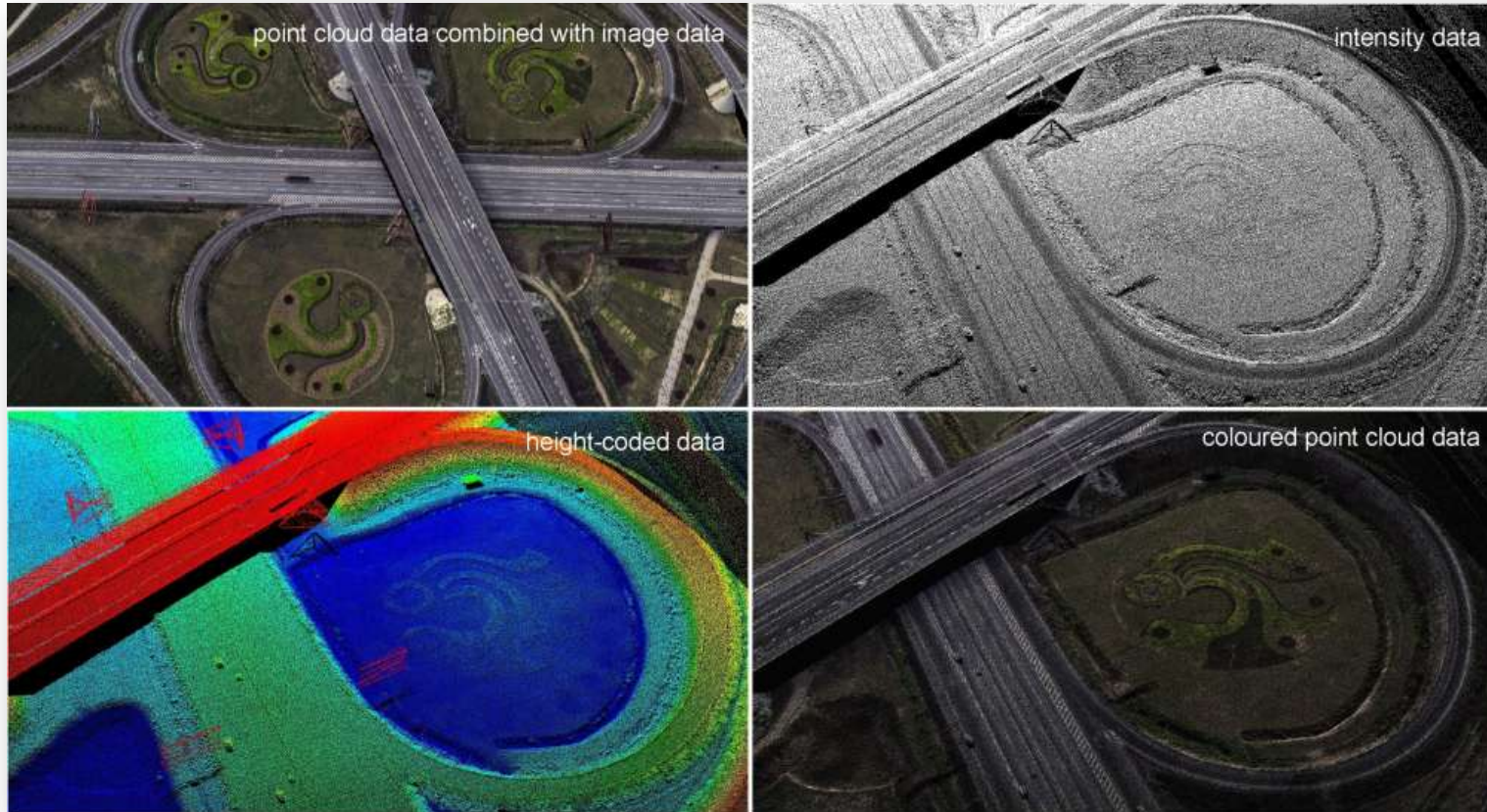


Engefoto, 2012

Inovações Tecnológicas

Pesquisas e Aplicações (Laser Aerotransportado)

- **Integração LASER + Sensor (Imagens Verticais):**

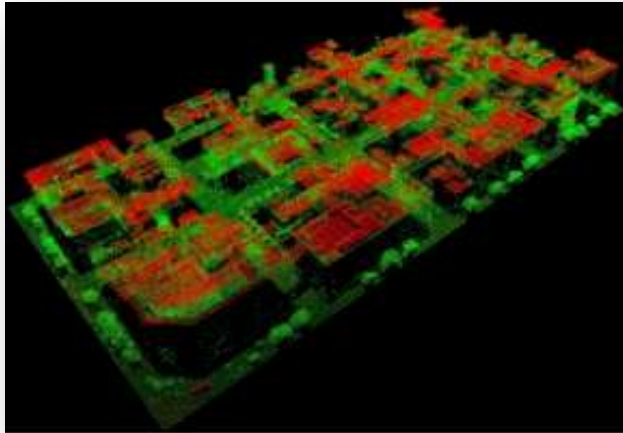


www.riegl.com

Inovações Tecnológicas

Pesquisas e Aplicações (Laser Aerotransportado)

- **Integração LASER + Sensor (Imagens Oblíquas):**



<http://eijournal.com/>



<http://eijournal.com/>

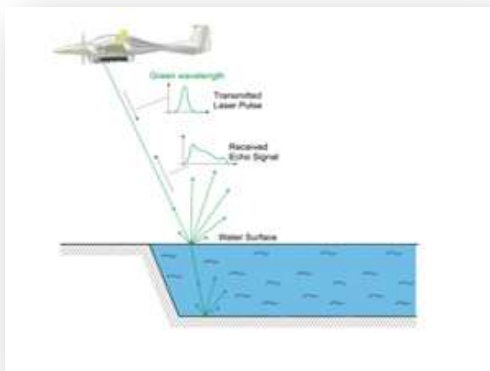


<http://eijournal.com/>

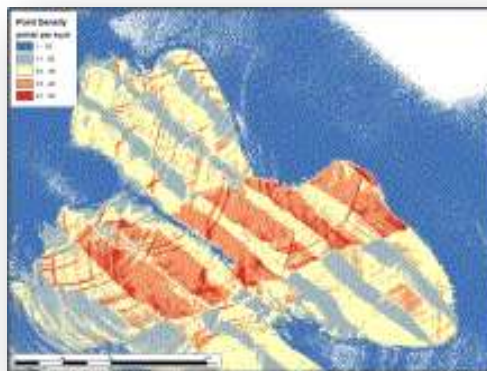
Inovações Tecnológicas

Pesquisas e Aplicações (Laser Aerotransportado)

► Levantamento Batimétrico:

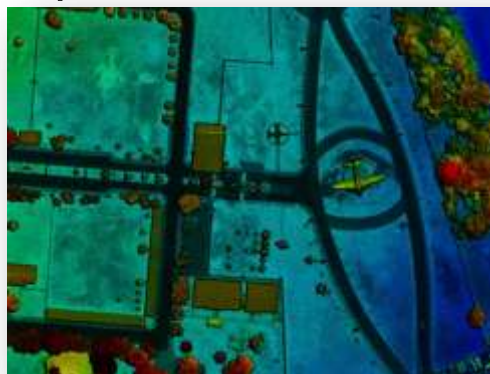


www.riegl.com

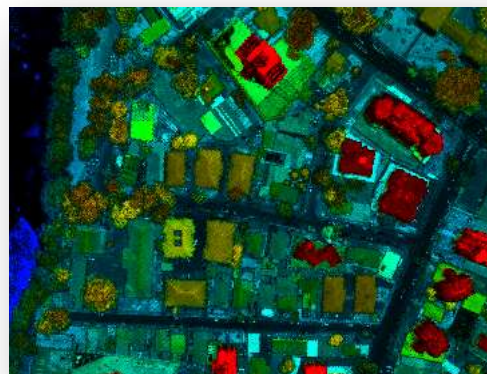


www.riegl.com

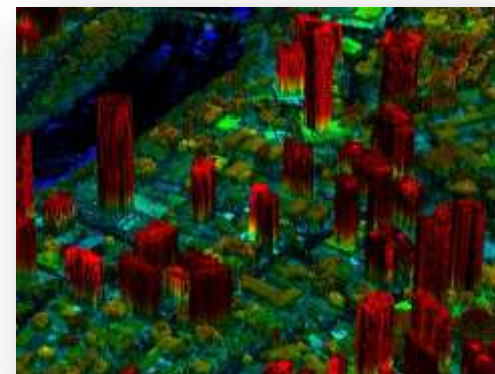
► Mapeamento de alta densidade em Áreas Urbanas:



Engefoto, 2012



Engefoto, 2012



Engefoto, 2012

Projetos Executados

Laser Terrestre Estático

▶ Levantamento Topográfico de Prédios e Construções



Engefoto, 2013



Engefoto, 2012



Engefoto, 2013



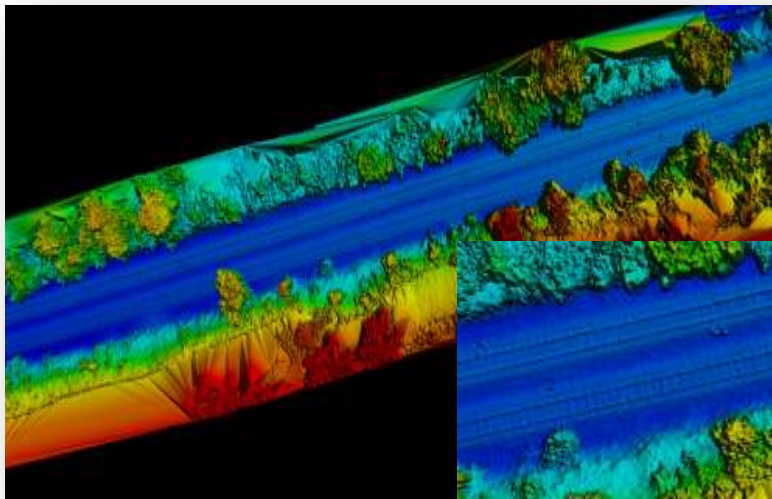
Engefoto, 2013

Projetos Executados

Laser Terrestre Móvel

► Levantamento Topográfico Planialtimétrico de Ferrovias

- Trecho: Mairinque – Corumbá
- Extensão Total: Aprox. 1500Km
- Laser Terrestre Móvel: ScanLook
- Tempo de Execução do Levantamento: 13 dias

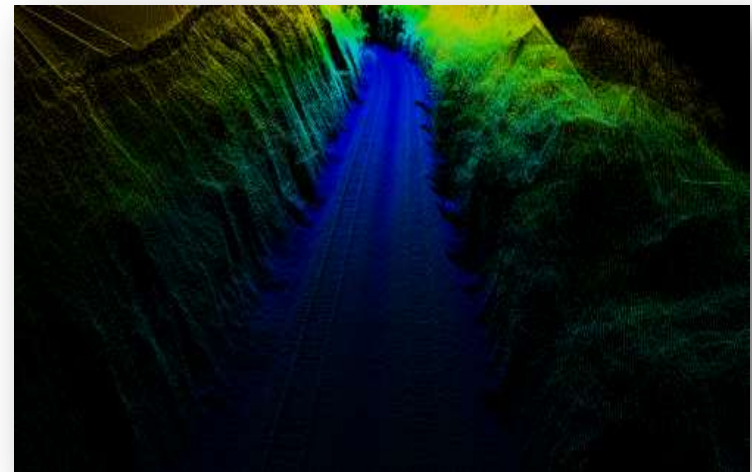


Engefoto, 2012

Quantidade de pontos: Aprox. 80 bilhões



Engefoto, 2012



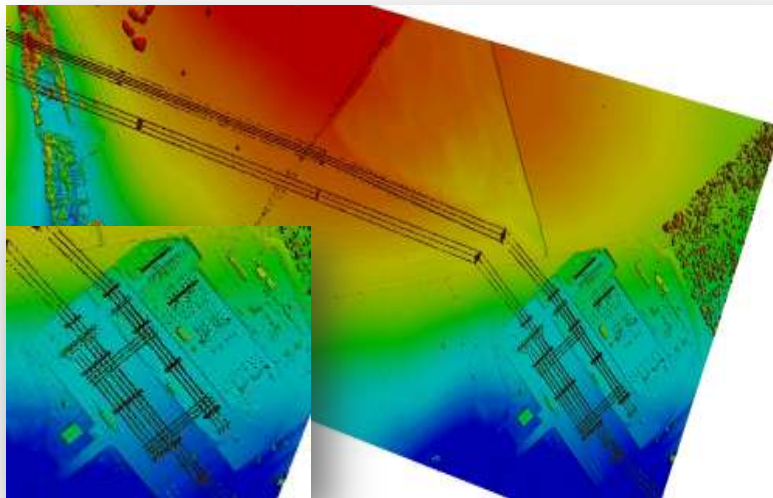
Engefoto, 2012

Projetos Executados

Laser Aerotransportado

► Levantamento Topográfico de Linhas de Transmissão

- Trechos: Expansão das LT's Matrinchã & Guaraciaba
- Extensão Total: Aprox. 1600Km
- Laser Aerotransportado: Leica ALS & Optech Gemini
- Tempo de Execução do Levantamento: 20 dias



Engefoto, 2012



Engefoto, 2012



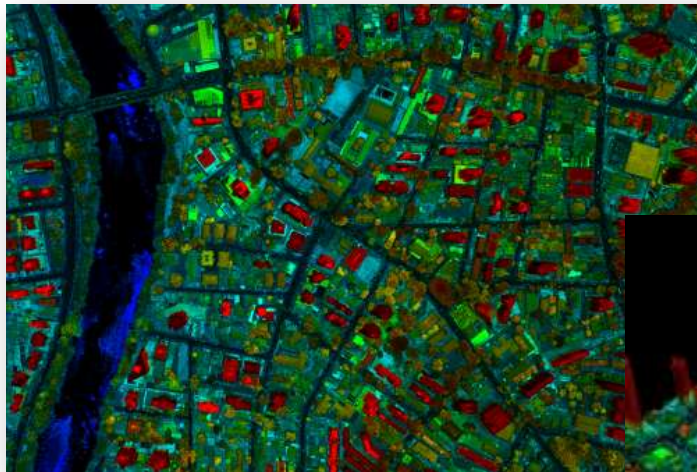
Engefoto, 2012

Projetos Executados

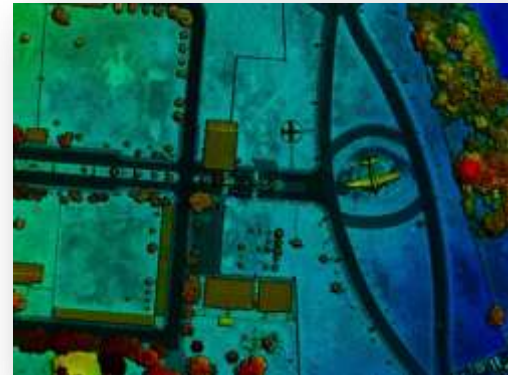
Laser Aerotransportado

► Mapeamento da Área Urbana do município de Recife

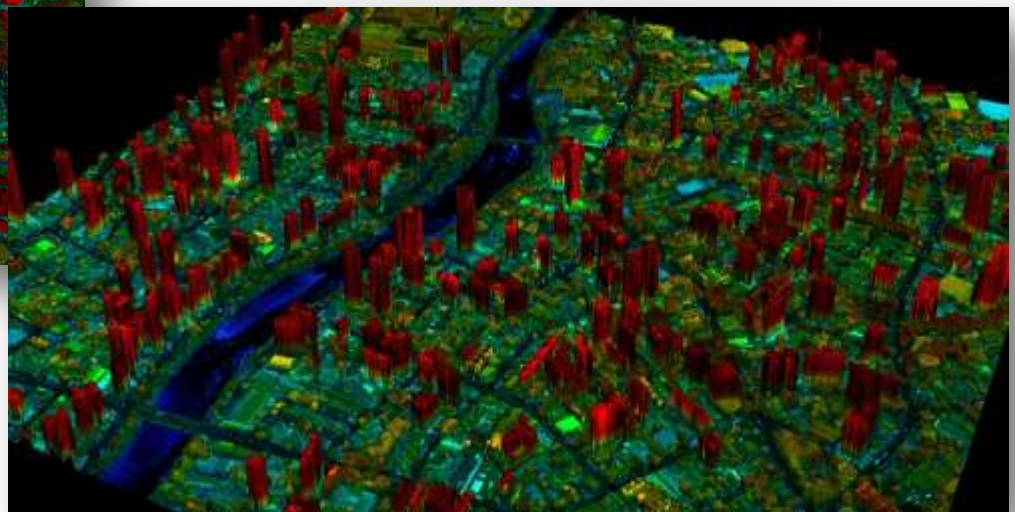
- Trecho: Município de Recife
- Área Total: 220Km²
- Laser Aerotransportado: Optech Gemini
- Tempo de Execução do Levantamento: 5 dias



Engefoto, 2012



Engefoto, 2012



Engefoto, 2012

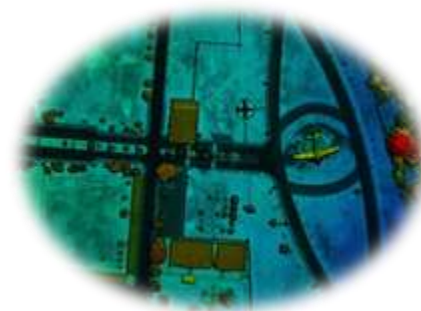
Considerações Finais

- ▶ O avanço tecnológico no surgimento de novos equipamentos do sistema LASER é notório a cada ano, entretanto, o desenvolvimento de pesquisas e metodologias no Brasil para a manipulação desses dados corresponde apenas a uma parcela desse avanço;
- ▶ O aumento significativo na quantidade de informações geradas pelos equipamentos do sistema LASER demanda o desenvolvimento de metodologias para manipular esses dados de forma otimizada;
- ▶ O desenvolvimento de novas pesquisas para interpretar e classificar as informações geradas pelo sistema LASER resultará em um aumento no nível de automação e precisão na caracterização e extração de informações;
- ▶ A integração e calibração de sensores ópticos (câmeras verticais e oblíquas) ao sistema LASER permite que informações multiespectrais sejam agregadas à nuvem de pontos possibilitando a definição de regras de decisão na caracterização de objetos;
- ▶ As pesquisas desenvolvidas atualmente para interpretar as informações geradas pela tecnologia **LiDAR Full Waveform** representam o “estado da arte” na interpretação de informações geradas pelo sistema LASER.

OBRIGADO!



Leonardo Ercolin Filho
Engefoto Engenharia e Aerolevantamentos S.A.
Consultoria de Pesquisas e Tecnologias
leonardoercolin@engefoto.com.br
Fone: +55 41 3071 4252



MundoGEO#Connect Latin América
Conferência e Feira de Geomática e Soluções Geoespaciais
18 à 20 de junho de 2013 – Centro de Convenções Frei Caneca – São Paulo, Brasil