PERFILAMENTO A LASER

10 anos de Evolução ...

Amauri A. Brandalize
amauri@esteio.com.br

ESTEIO
ENGENHARIA E AEROLEVANTAMENTOS S.A.

Conteúdo

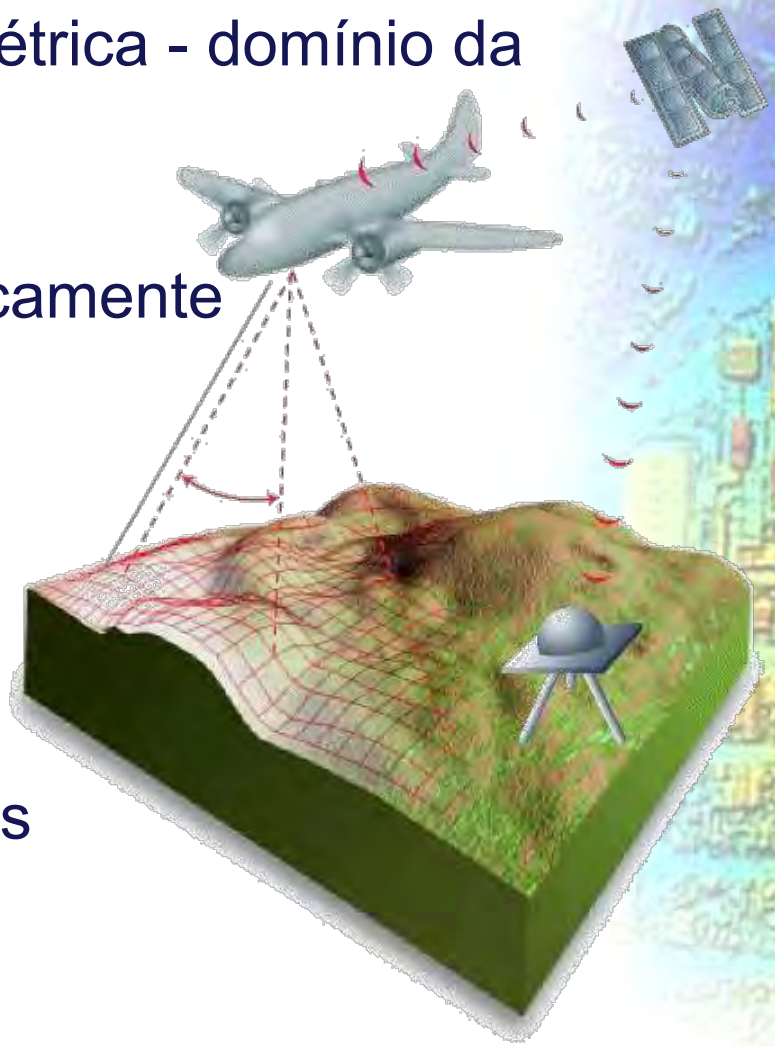
- Introdução
- Mundo ALS
- Mercado ALS
- Evolução
- Unidades Produzidas
- Equipamentos ALS
- ALS na Internet
- Comitê ASPRS LiDAR
- Formato LAS
- Finalidade ALS
- Experiência
- Inovações
- Aplicações Diferenciadas
- Tendências
- Sucessos e Fracassos
- Conclusão
- Comentário Final

Introdução

- Perfilamento a LASER Aerotransportado (ALS - Airborne LASER Scanning)
  - Ultrapassa a primeira década de existência comercial.
- Estado Atual
  - ALS fundamentado como uma ferramenta viável e valiosa para o cartógrafo;
  - Coleta de dados de elevação e retificação de ortofotocartas.
- Mercado Paralelo
  - Padrões técnicos, conferências, listas de discussão, desenvolvimento de programas específicos ... e incorporação na **CARTOGRAFIA**.

Mundo ALS

- Cartografia “acomodou” a tecnologia
  - Ferramenta de qualidade altimétrica - domínio da Fotogrametria Analítica.
- Novos cenários
  - MDT’s em áreas não economicamente viáveis para Fotogrametria;
  - Volumes urbanos;
  - Cabos de LT;
  - Áreas Florestadas.
- Novos Profissionais
  - Engenheiros elétricos, florestais e projetistas de redes;
  - Pesquisadores.

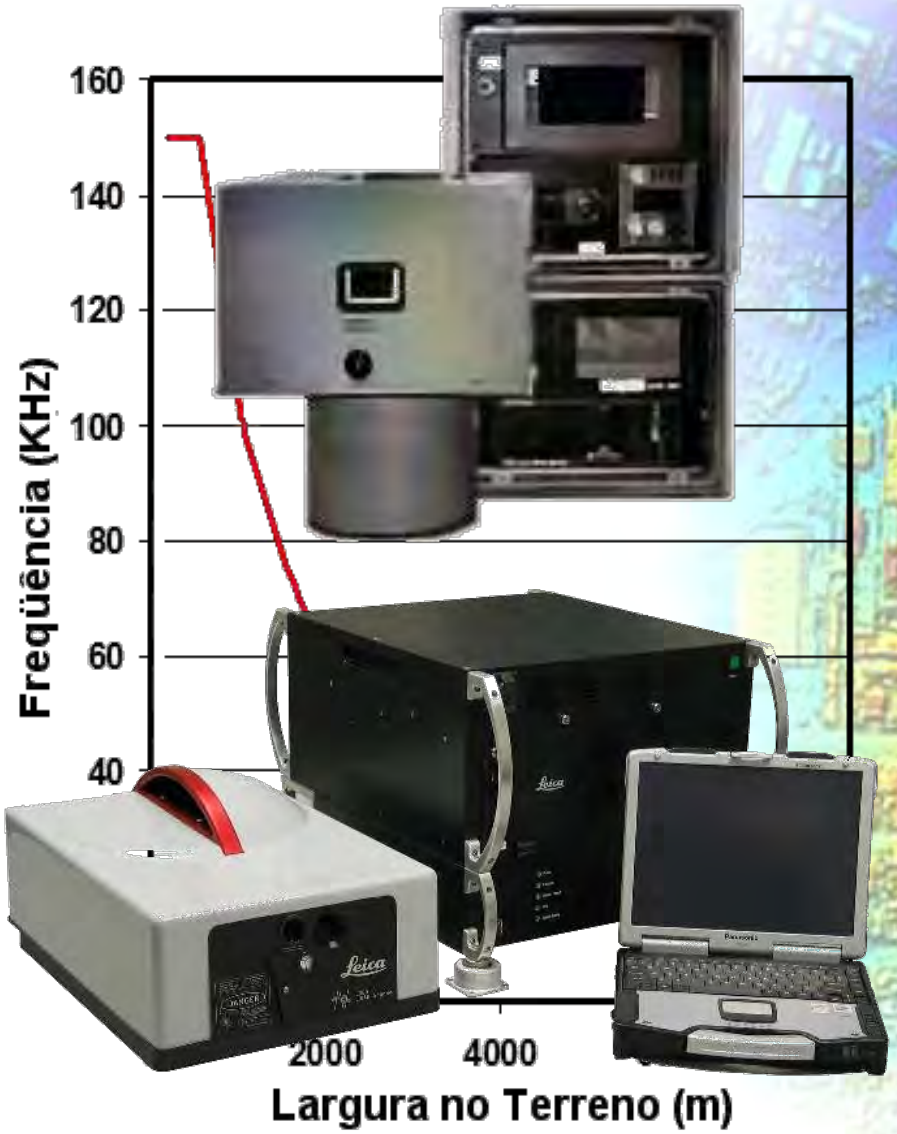


Mercado ALS

- Maiores fabricantes na disputa do mercado Cartográfico buscam:
  - Maior capacidade de varredura;
  - Maior altura de trabalho;
  - Melhor detecção de pulsos refletidos;
  - Facilidade e segurança de operação.
- Lançamentos obedecem a Lei de Moore
  - Comparável com evolução dos processadores de computador.
- Movimentação Anual (LiDAR Global Market – TMS Intl Co. – 2005)
  - Crescimento contínuo nos últimos 5 anos;
  - Maior que US$ 330 milhões em 2005.

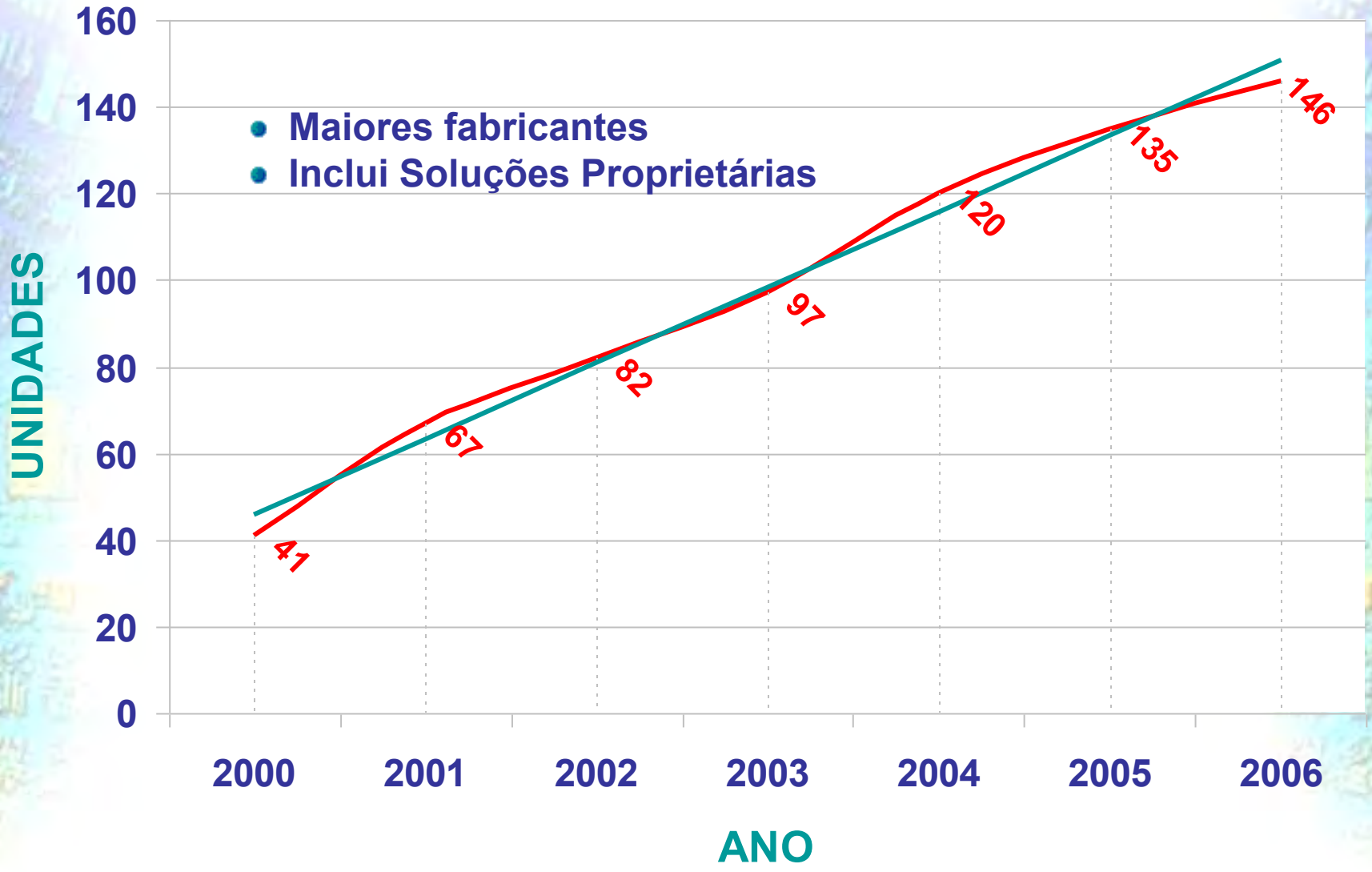
Evolução

ANO	f (KHz)	H (m)
1993	2	1.000
1995	5	1.200
1998	10	2.000
1999	25	2.000
2001	33	3.000
2002	50	2.000
2003	70	1.500
2004	100	1.100
2006	150	600



ESTEIO

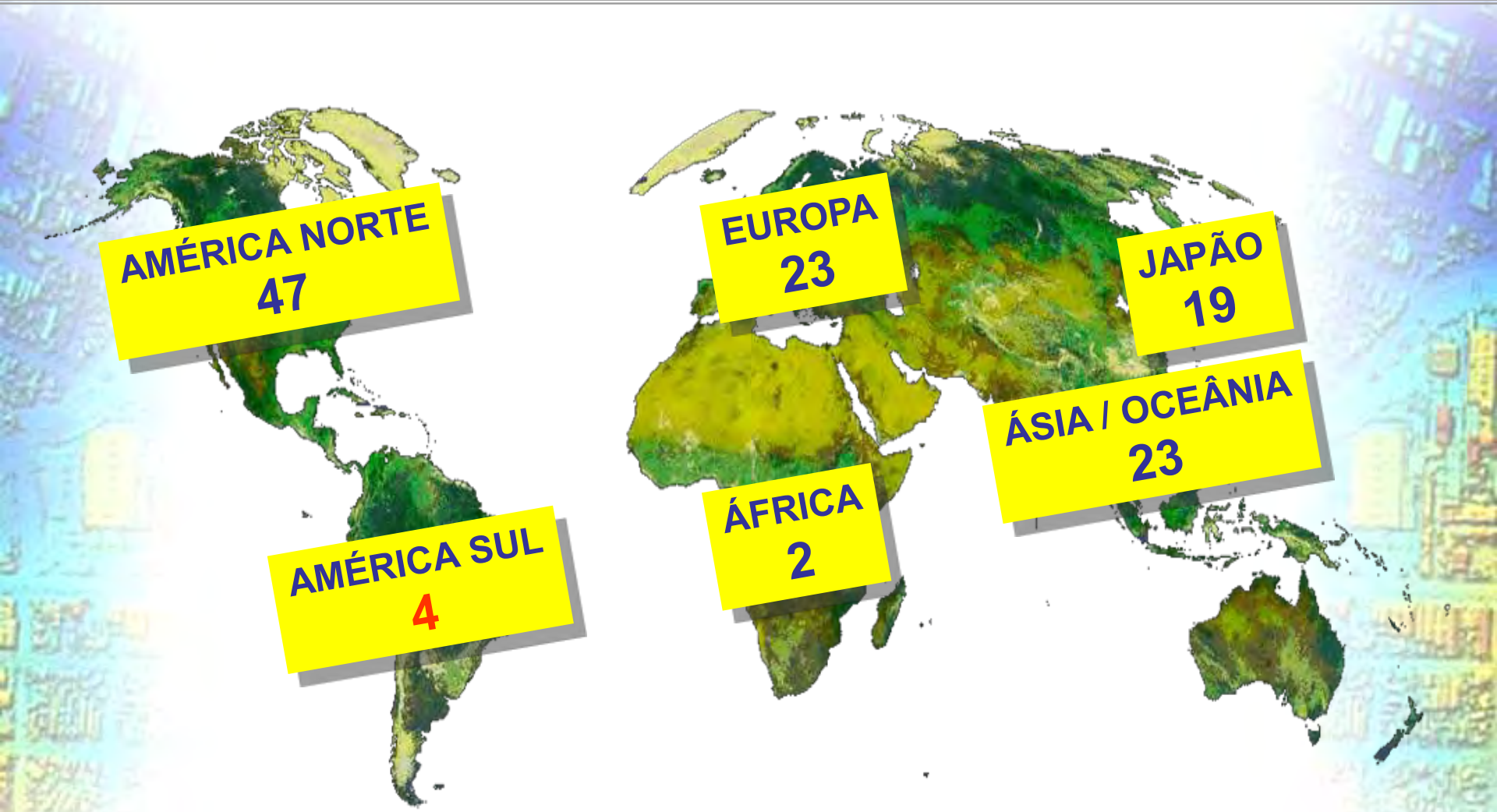
Unidades Produzidas



Fonte: Worldwide System Census

ESTEIO

Equipamentos ALS



TOTAL = 118

Fonte : Maiores Fabricantes (Abril / Maio 2006)

ESTEIO

ALS na Internet

- www.lidar.com.br
  - Site NACIONAL;
  - *Papers* separados em categorias de aplicações ALS;
  - Exemplos, especificações técnicas, notícias, ...

- www.airbornelasermapping.com
  - Acesso para indústria e empresas envolvidas com ALS;
  - *International LiDAR Mapping Forum*.

ESTEIO

ALS na Internet

- www.lidarmap.org
  - Grupo ALS para desenvolvimento e aplicações;
  - Promove reunião anual de profissionais.

- Comitê ASPRS LiDAR **www.asprs.org/society/committees/lidar/**
  - Sub-comitê da Divisão de Aplicações Fotogramétricas;
  - Formado por + de 40 representantes p/ desenvolvimento de especificações.

ESTEIO

Formato LAS (LiDAR Aerial System)

- Padrão da indústria apoiado por desenvolvedores de programas e fabricantes de equipamentos.
- O formato de arquivo possui:
  - Coordenadas X, Y, Z, Intensidade,
  - Número do retorno e de retornos,
  - Direção do vôo,
  - Extremidade da Linha de Vôo,
  - Classificação (Terreno, Não-Terreno, Vegetação ..),
  - Ângulo de abertura,
  - Usuário e equipamento,
  - Tempo GPS.
- + detalhes
  - www.lasformat.org

PUBLIC HEADER BLOCK:

Item	Format
File Signature ("LASF")	char[4]
Reserved	unsigned long
GUID data 1	unsigned long
Version Major	unsigned char
Version Minor	unsigned char
System Identifier	char[32]
Generating Software	char[32]
Flight Date Julian	unsigned short
Year	unsigned short

Finalidade ALS

REGIÃO	TODOS	CLASS AUTOM	EDIÇÃO	FEIÇÕES	FUSÃO COM IMG
AMÉRICA NORTE	10 %	10 %	80 %		
AMÉRICA SUL			20 %		80 %
					%
					%
EUROPA	30 %		50 %	20 %	
ÁSIA / AUSTRÁLIA		10 %	65 %	5 %	20 %
TODOS	7,5%	10,8%	50,8%	9,2%	21,7%

FUSÃO COM IMAGEM

- Da - Dados ALS pós-processados e georreferenciados
- Co - **Com** filtragem **manual** por **imagem**
- Co - **Com** consistência para **fusão** com imagens

Fonte: Adaptado de ALS -Beyond Its Formative Years - David Jonas and Peter Byrne - 2003

ESTEIO

Experiência

- Logística necessária para sucesso
  - aeronave, sensor, processamento *in loco*, conhecimento do local e parâmetros de configuração.
- Importância de controle de campo
  - distribuição, constelação, *Datum.*
- Acompanhamento de imagem
  - foto, vídeo ou intensidade.
- Reflexão e penetração na vegetação
  - sub-vegetação, veículos, postes, toldos, pontes ...
- Limitações do modelo digital de terreno
- Volume grande de dados
  - formato e programas para manipulação.

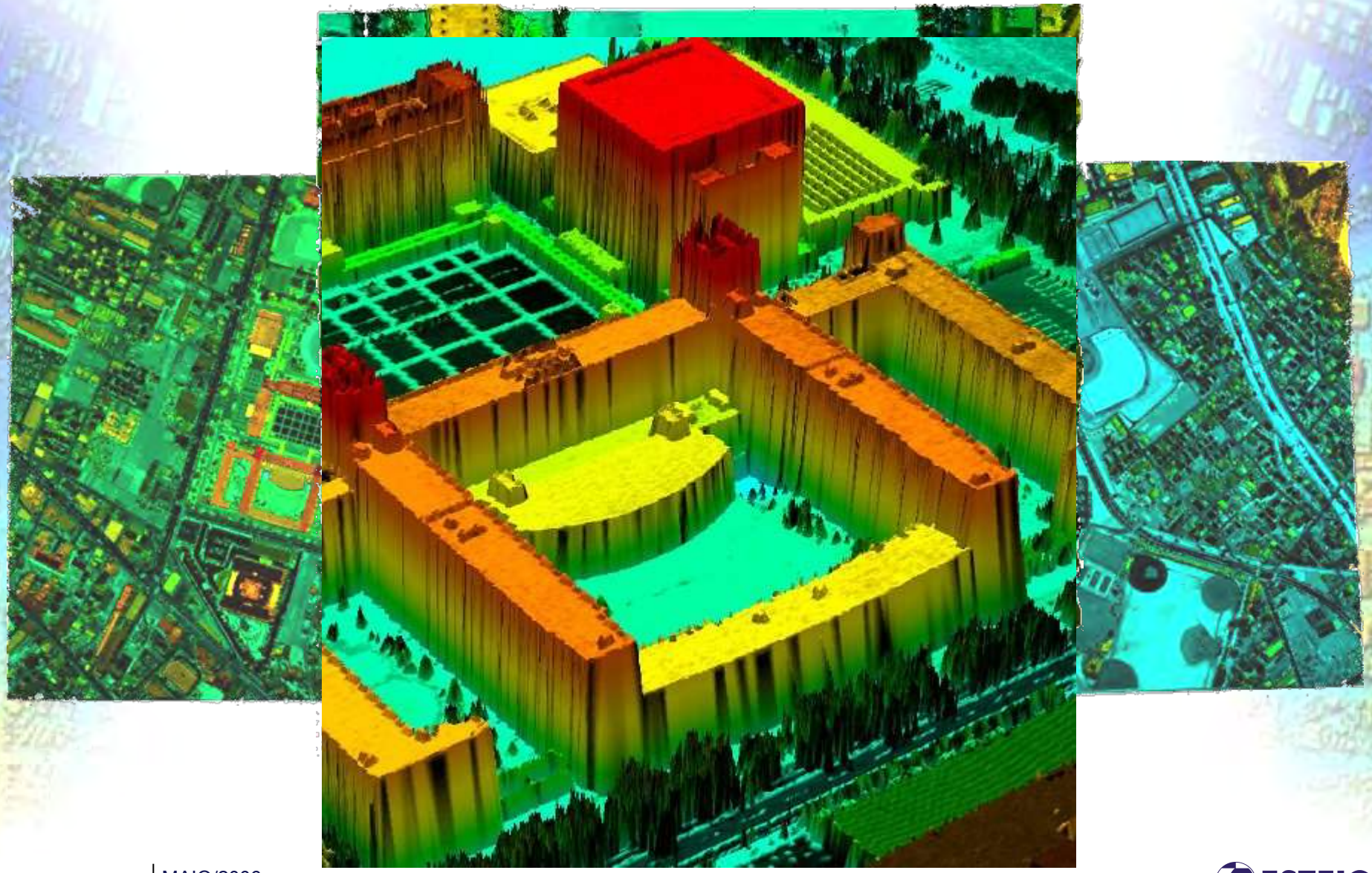
Inovações

- Maior densidade de pontos (100 KHz; 150 KHz);
- Maior ângulo de abertura (50°; 75°);
- Sistemas menores e mais compactos (sensor de perfil baixo);
- Freqüência de operação variável em modo contínuo de acordo com altitude;
- Compensação de movimento da aeronave (roll);
- Operação até 6.000 m de altura sem uso de lentes auxiliares;
- Menor custo de manutenção – US$ 50.000 a US$ 75.000;
- Maior qualidade nos pulsos LASER nas extremidades da faixa;
- Temperatura operacional de 0-40°C;
- Menor consumo de energia;

Inovações

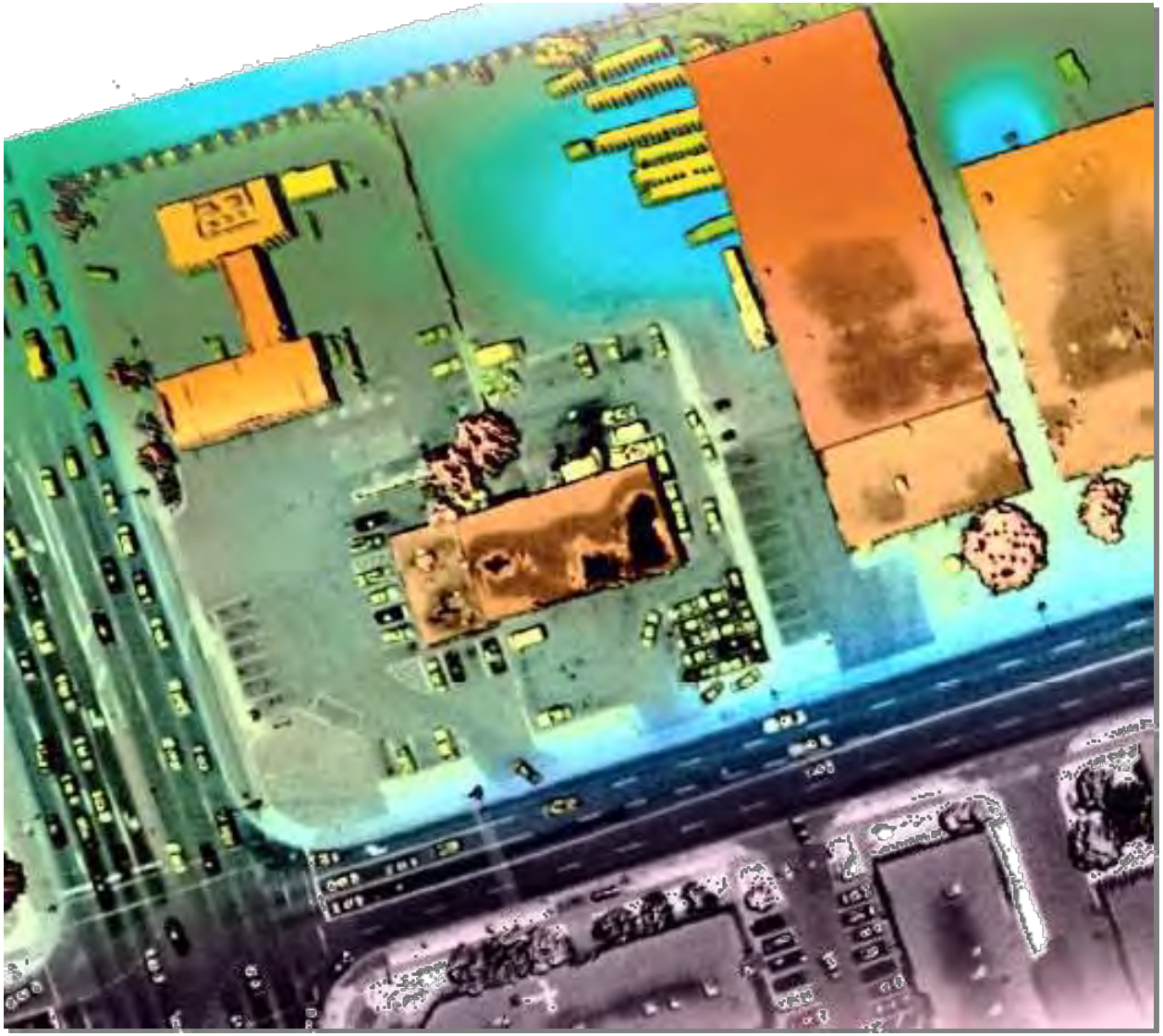
- Melhor qualidade horizontal (1:5.500 de H; 1:10.000 de H);
- Maior abertura óptica detecta alvos menores a alturas mais altas;
- Menor perda de pulso em alvos de baixa reflexão;
- Escaner de alta qualidade permite maiores velocidades em aeronaves, mantendo espaçamento dos pontos (freqüência de varredura de 90Hz);
- Câmara Digital (1,3 M px) com coleta de imagem em tempo real para conferir cobertura de nuvens / névoa na linha de visão;
- Imagens JPEG georreferenciadas registradas a intervalos programáveis;
- Portas auxiliares para compartilhar dados de GPS / IMU com outros sensores;
- Diminuição de cabos e controles externos.

Inovações

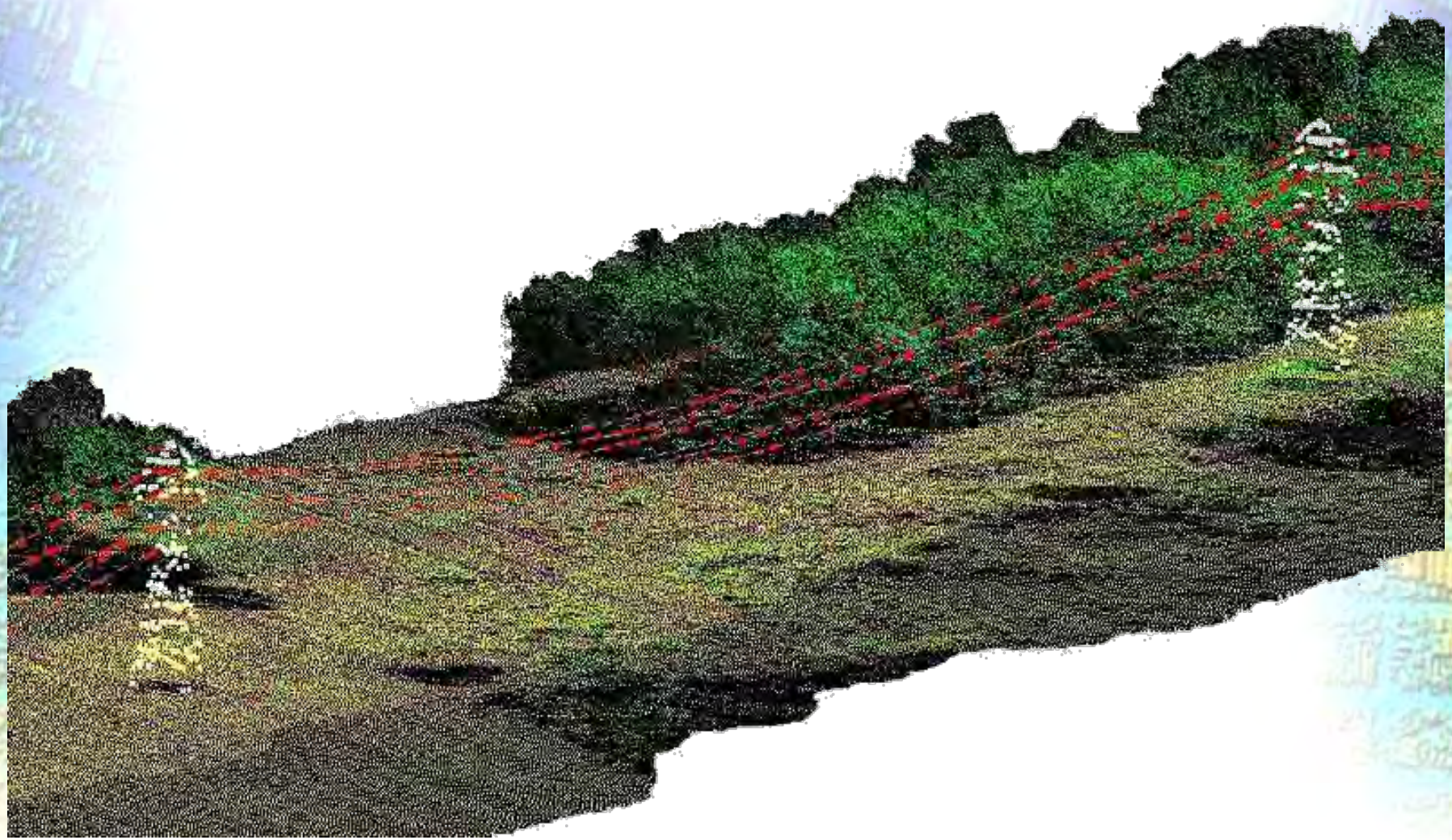


ESTEIO

Inovações

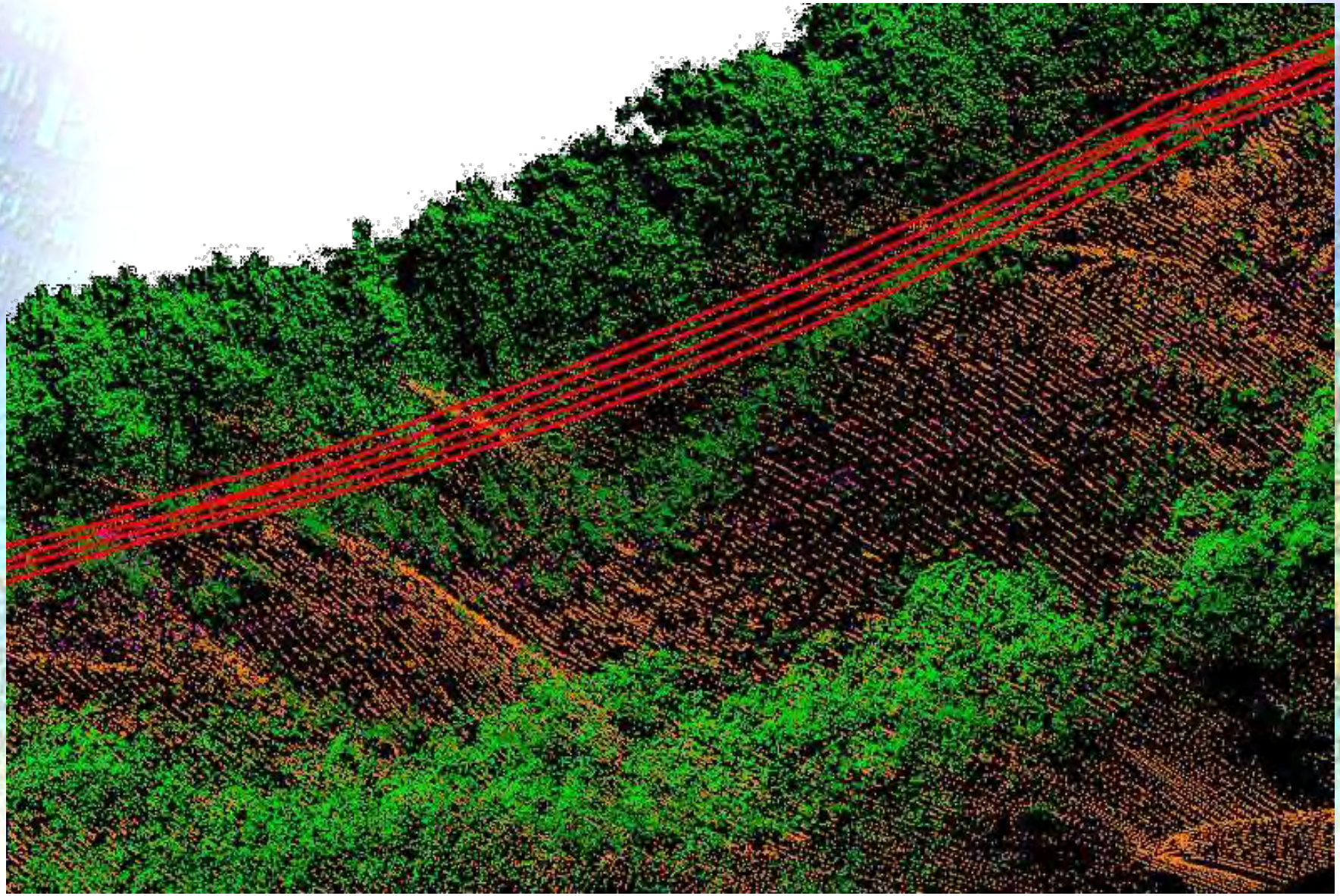


Inovações



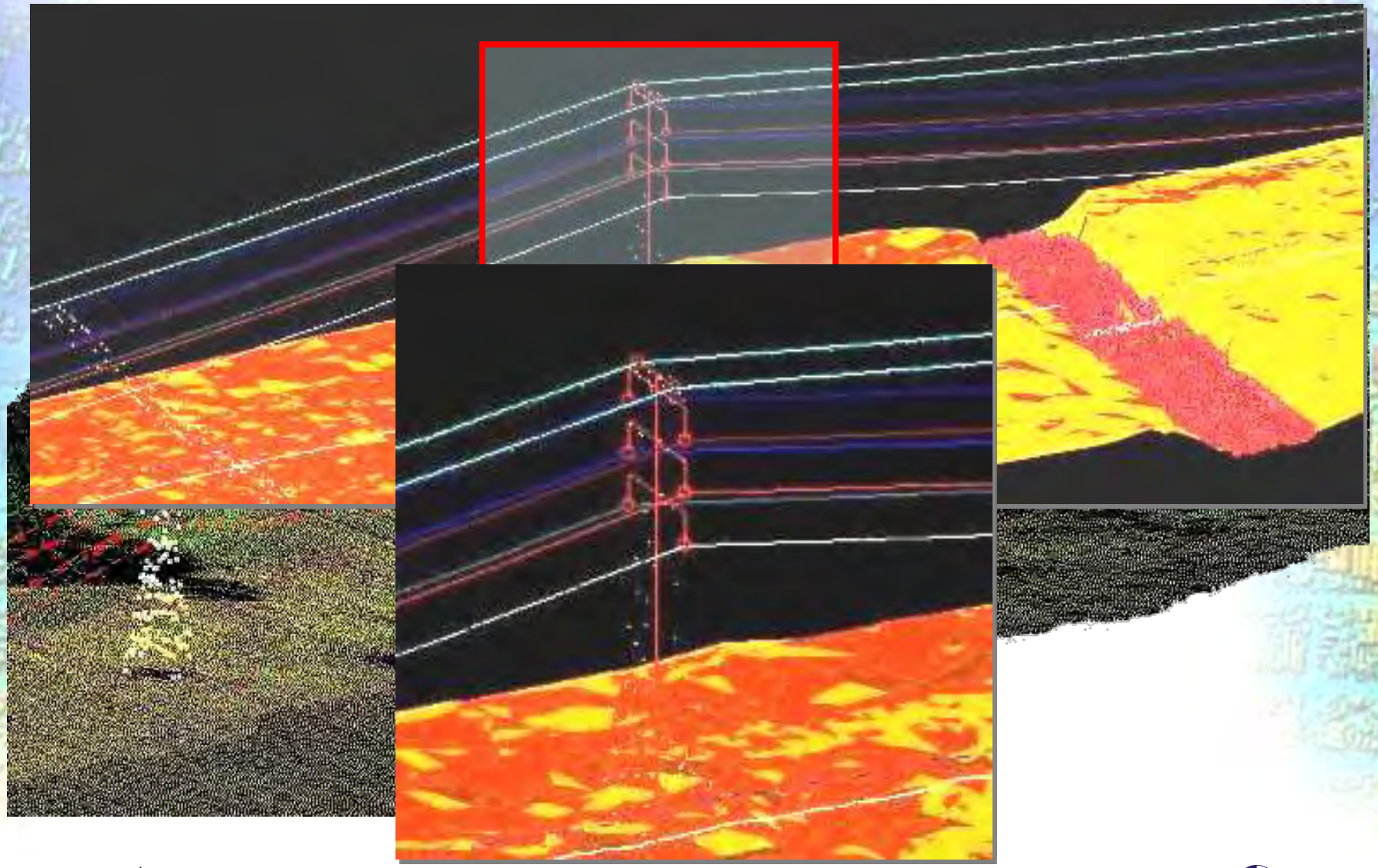
ESTEIO

Inovações



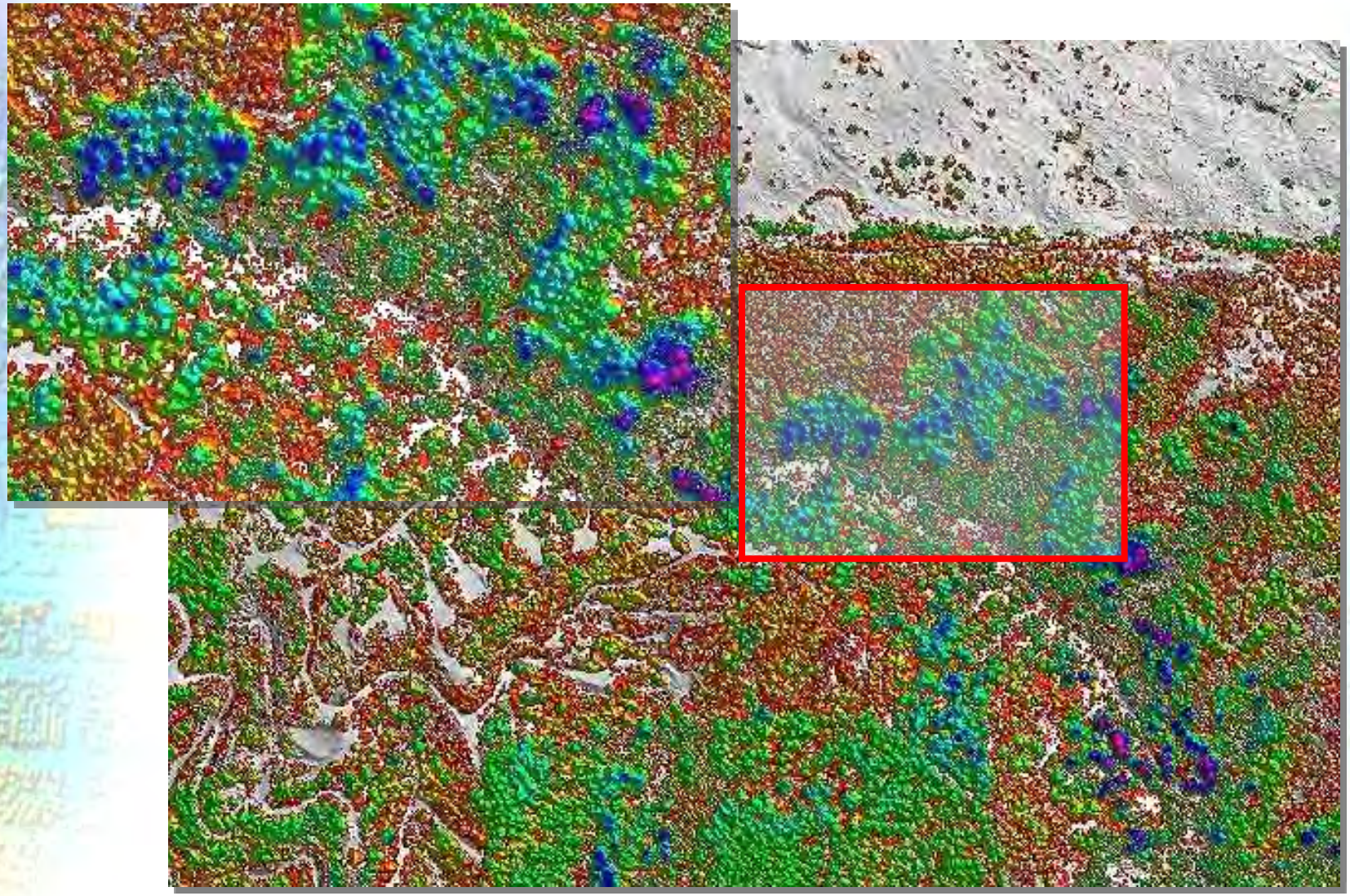
ESTEIO

Inovações



ESTEIO

Inovações

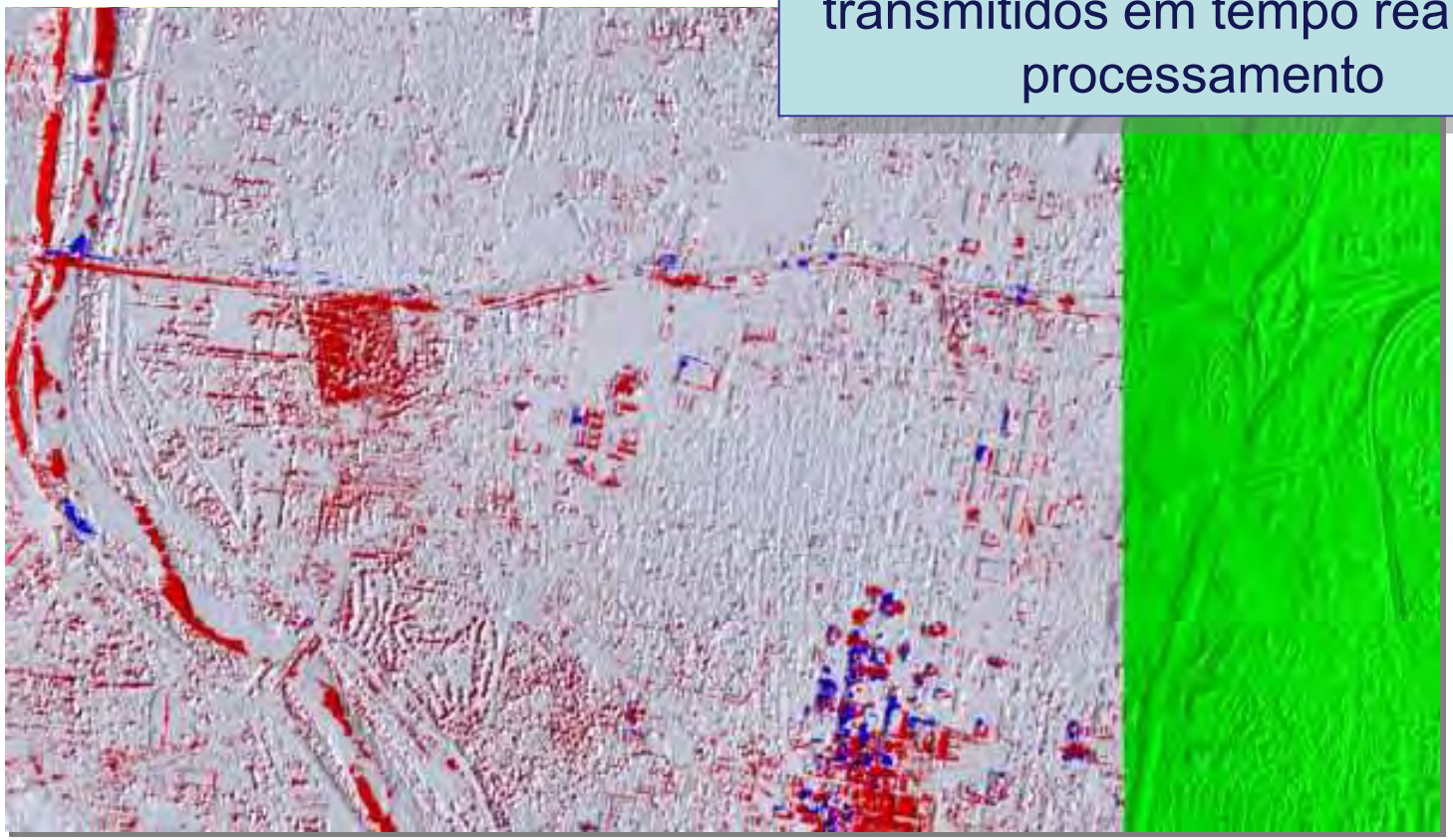


ESTEIO

Desastres Naturais em Tempo Real

- Comparar MDS antes e depois do desastre
  - Identificar automaticamente áreas de edifícios destruídos por terremoto.

Dados ALS comprimidos e transmitidos em tempo real para processamento



Desastres Naturais em Tempo Real

- MDT antes e depois de inundação
  - Identificação de abrangência em função do escoamento.

268 m

270 m

ESTEIO

Desastres Naturais em Tempo Real

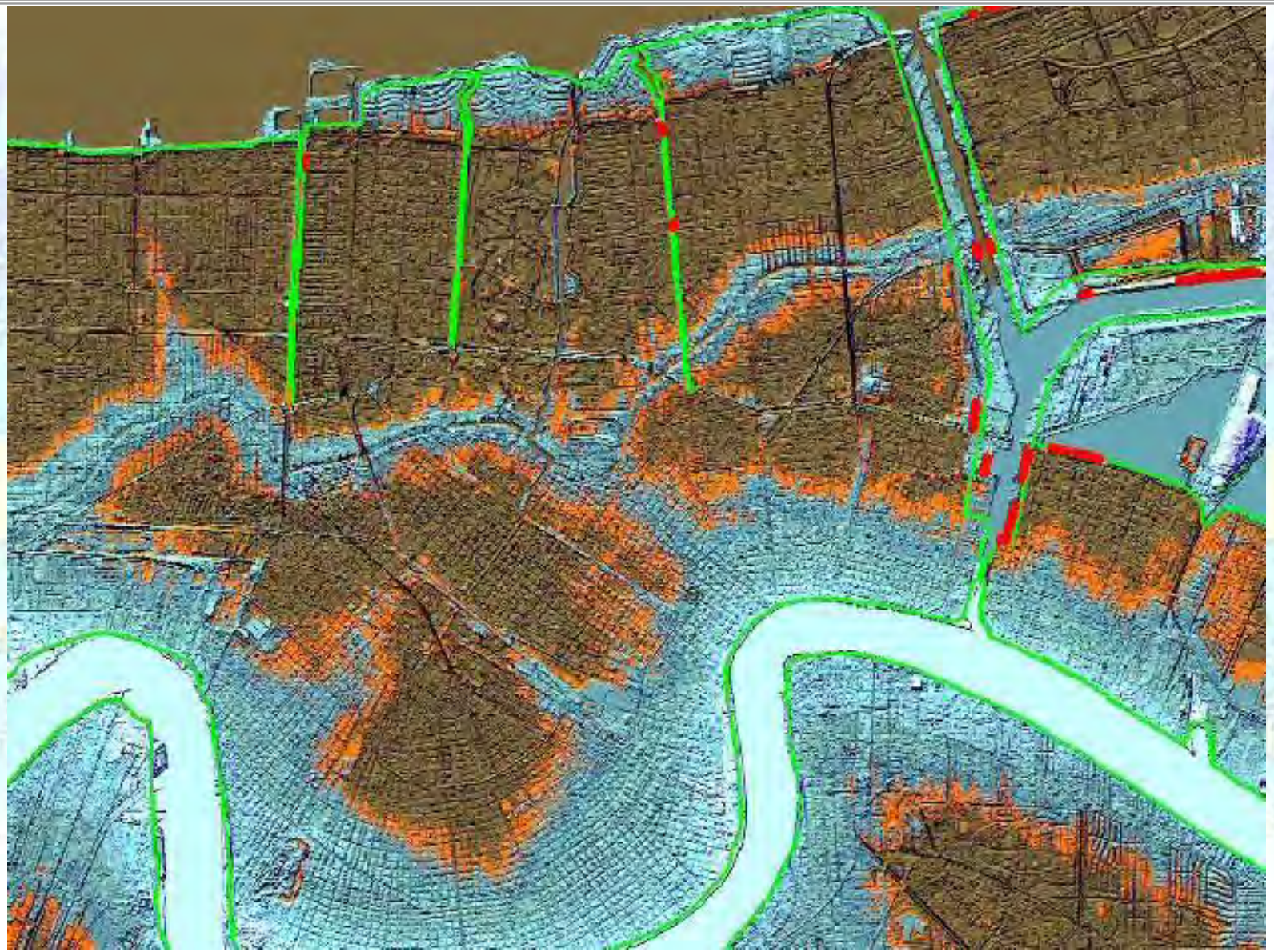
- Benefícios de Mapas Atualizados por LiDAR
  - "*A FEMA official declared the Louisiana LIDAR dataset the most accessible and valuable geospatial dataset they have ever encountered in responding to a regional disaster*"
- Gerenciamento
  - Dados de elevação para uso em situações provocadas por enxurradas e inundações;
  - Mais de 20.000 comunidades mapeadas digitalmente;
  - US$ 45 bilhões economizados em mais de 50 anos (reduzindo impactos de desastres) ;
  - Padrão e qualidade de dados aperfeiçoada;
  - Ciclo de produção de mapas diminuído;
  - Facilidade de comunicação e informação da população;
  - US$ 200 milhões / ano em contratos regionais.
- Em áreas de risco mais altas
  - 37 cm EMQ vertical;
  - 5 m de espaçamento com *breaklines*;
  - 2 m de espaçamento sem *breaklines*;
  - Grid , mas modelo de dados comum é TIN.

Adaptado de: Proocedings ILMF Intl LiDAR Mapping Forum (Feb, 2006)

Desastres Naturais em Tempo Real

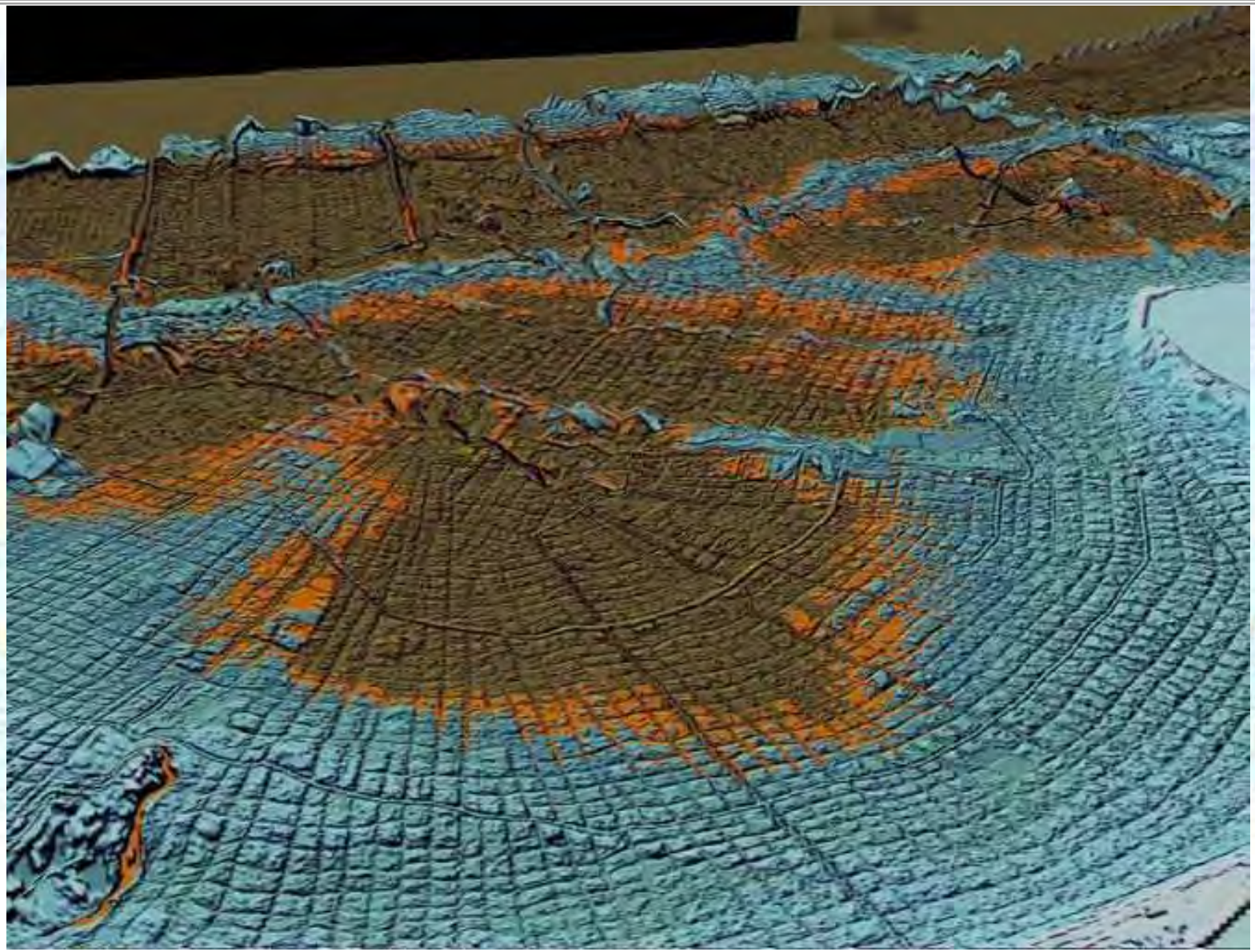
Adaptado de: Proocedings ILMF Intl LiDAR Mapping Forum (Feb, 2006)

Desastres Naturais em Tempo Real



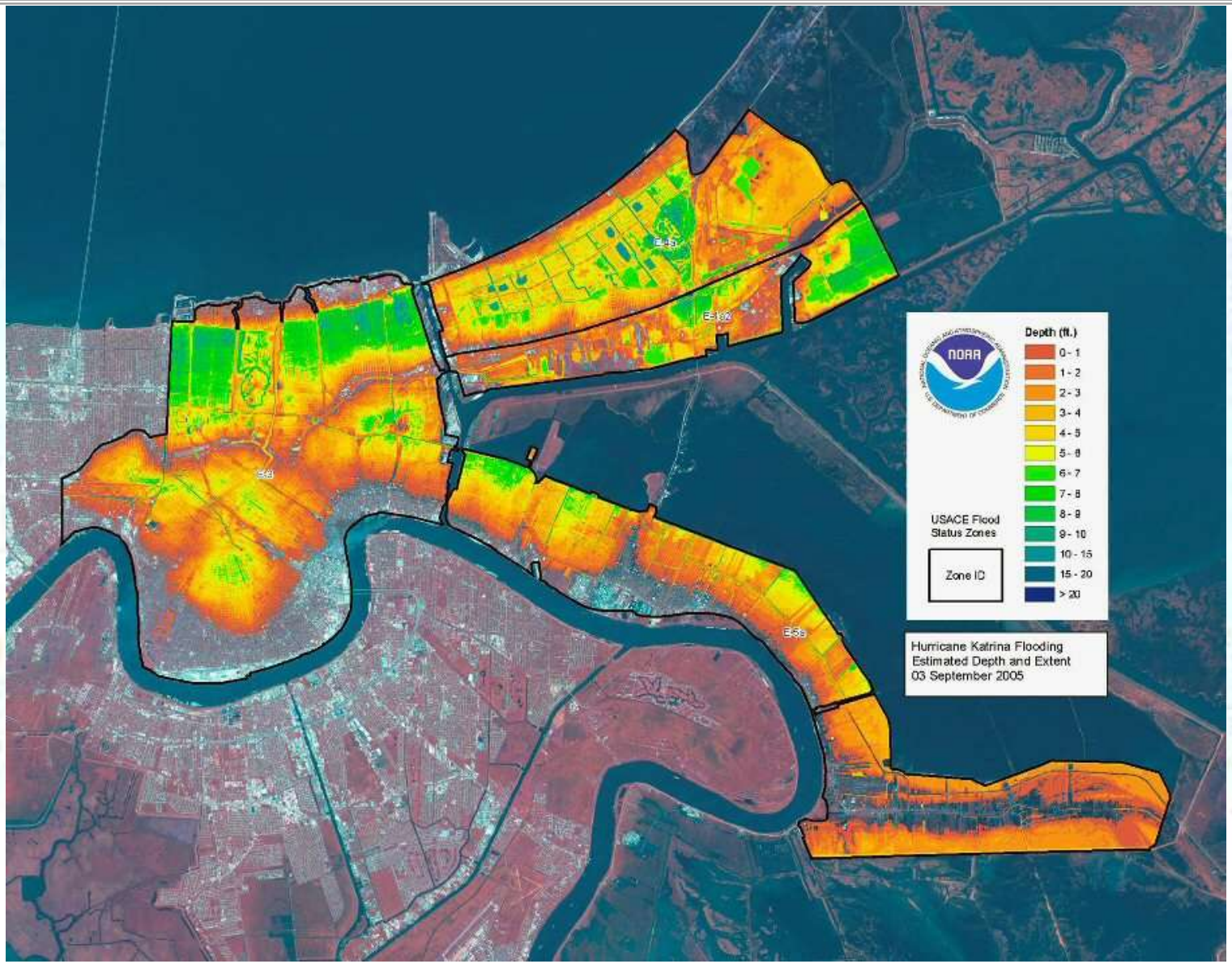
Adaptado de: Proocedings ILMF Intl LiDAR Mapping Forum (Feb, 2006)

Desastres Naturais em Tempo Real



Adaptado de: Proocedings ILMF Intl LiDAR Mapping Forum (Feb, 2006)

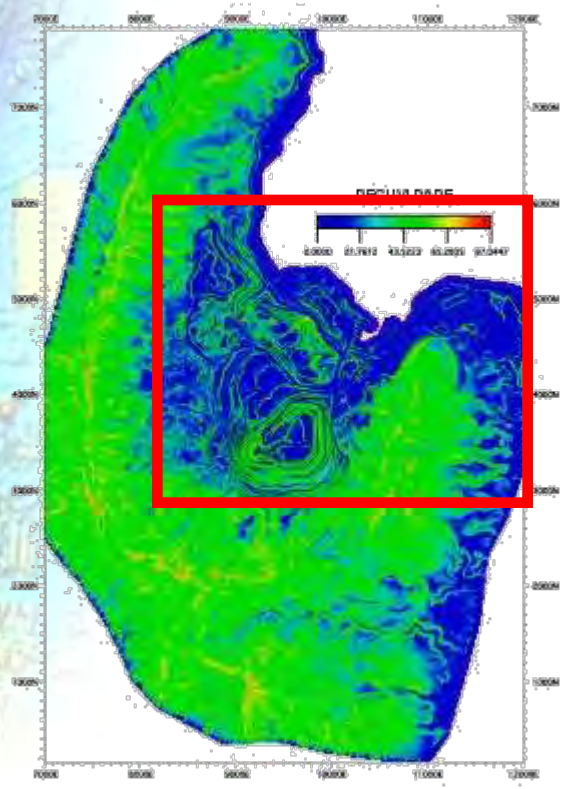
Desastres Naturais em Tempo Real

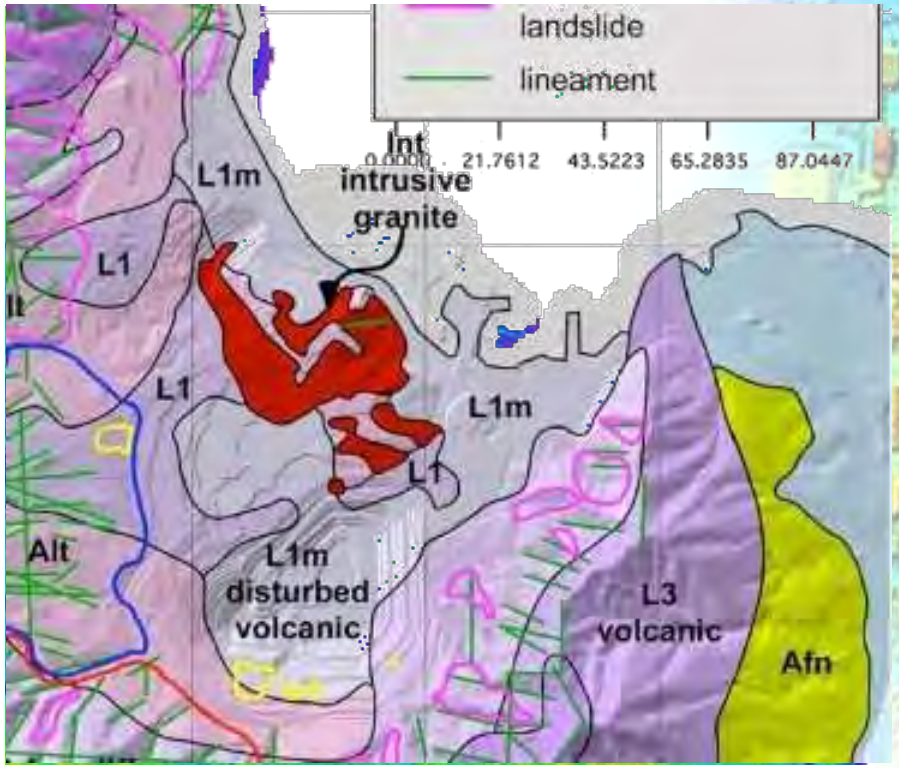


Adaptado de: Proocedings ILMF Intl LiDAR Mapping Forum (Feb, 2006)

Riscos em Minas a Céu Aberto

- Dados ALS para obter MDT suficiente denso suficiente para interpretação geomorfológica
  - Delimitação de locais de potencial risco sem operações onerosas e demoradas em campo.

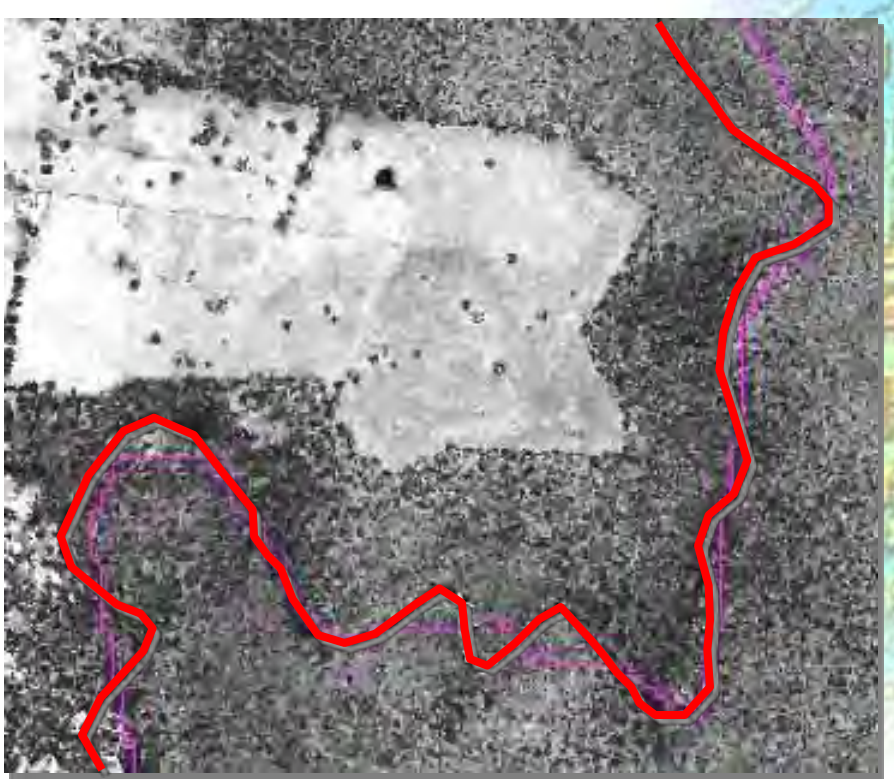




ESTEIO

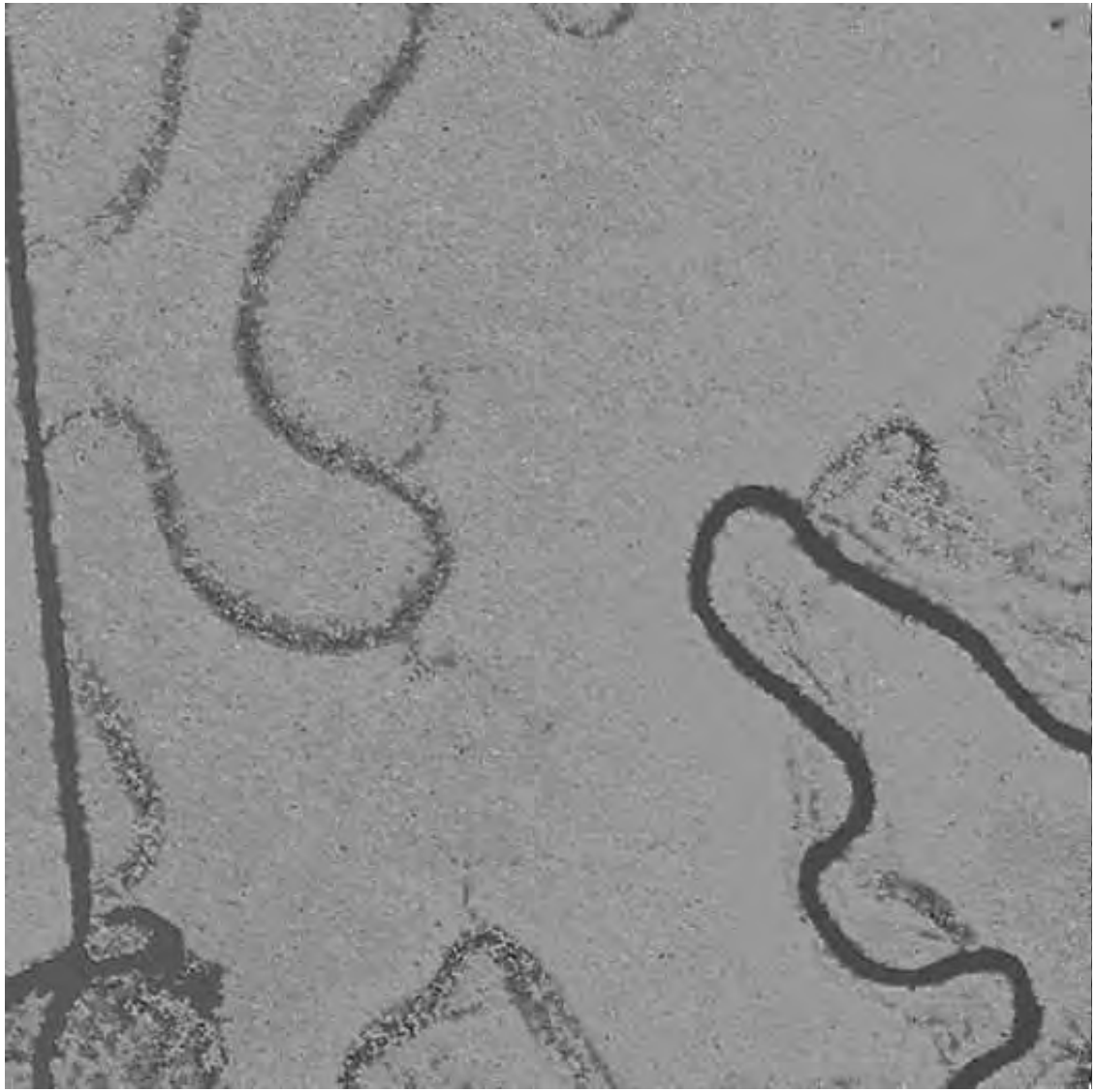
Mapeamento de Barragens

- Margens do reservatório com vegetação
  - Volume extra com elevação da cota de operação;
  - Extensão da cota máxima de inundação;
  - Determinar a extensão territorial do lago;
  - Feições (?)



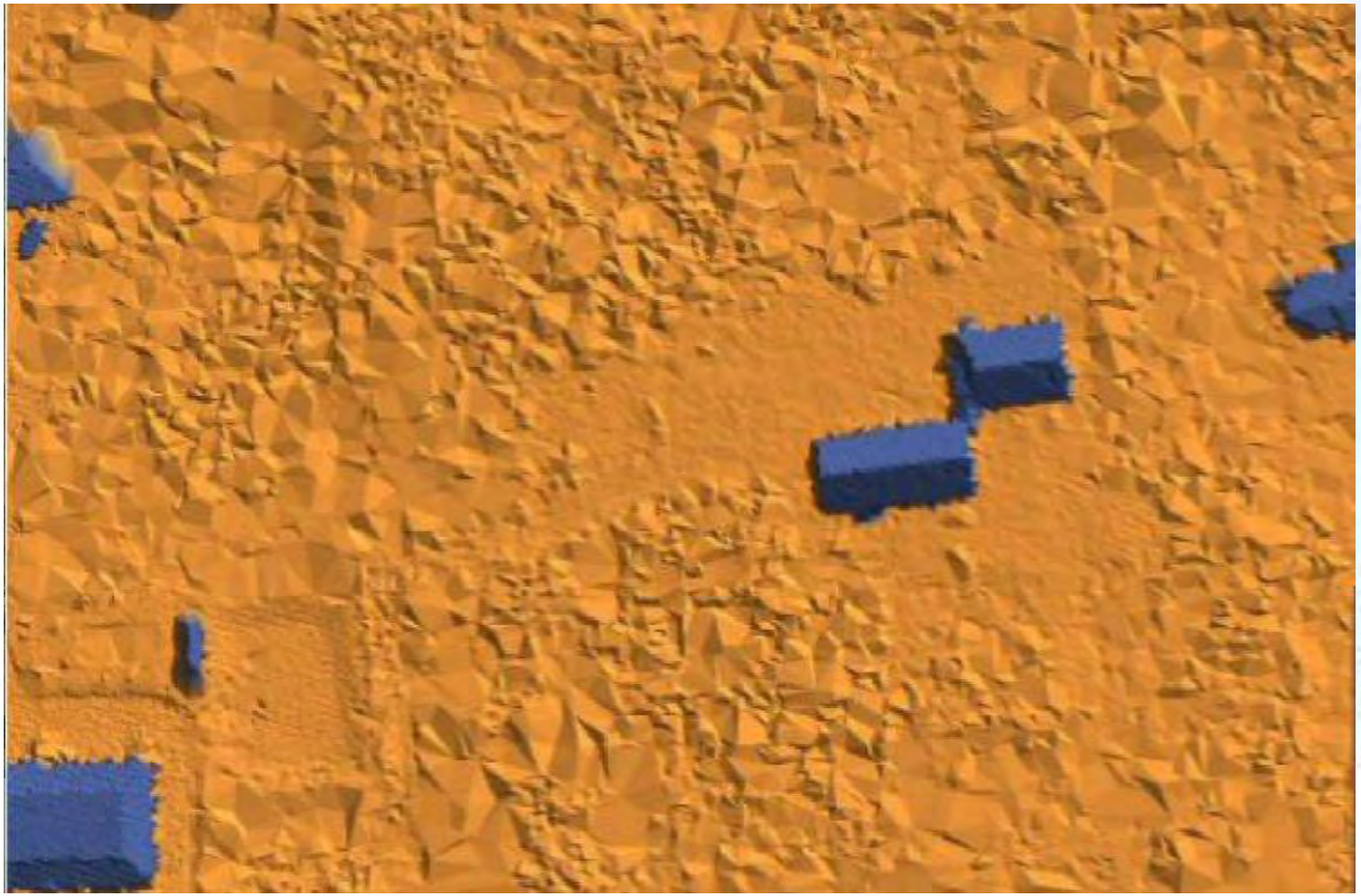
Mapeamento de Feições “Ocultas”

- Meandros antigos ocultos pela vegetação.



Mapeamento de Feições “Ocultas”

- Edificações sob a vegetação.



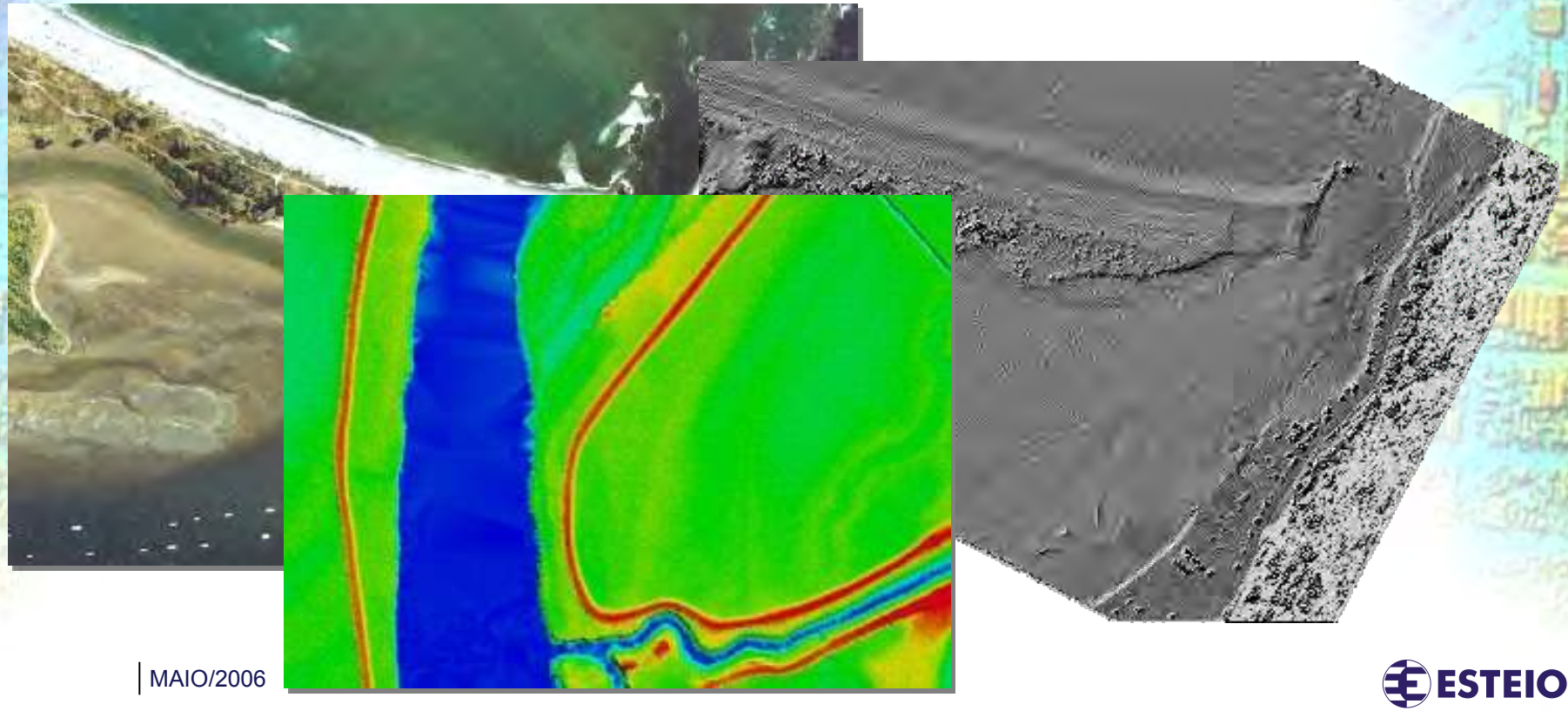
Mapeamento de Vegetação

- Identificação de vegetação por altura padrão;
- Mescla com IR.

ESTEIO

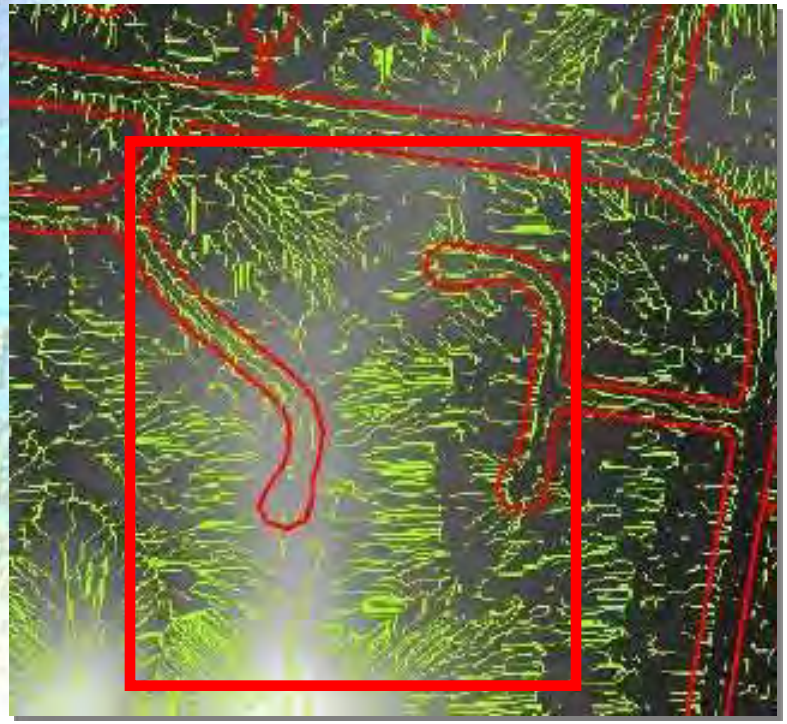
Transporte de Sedimentos

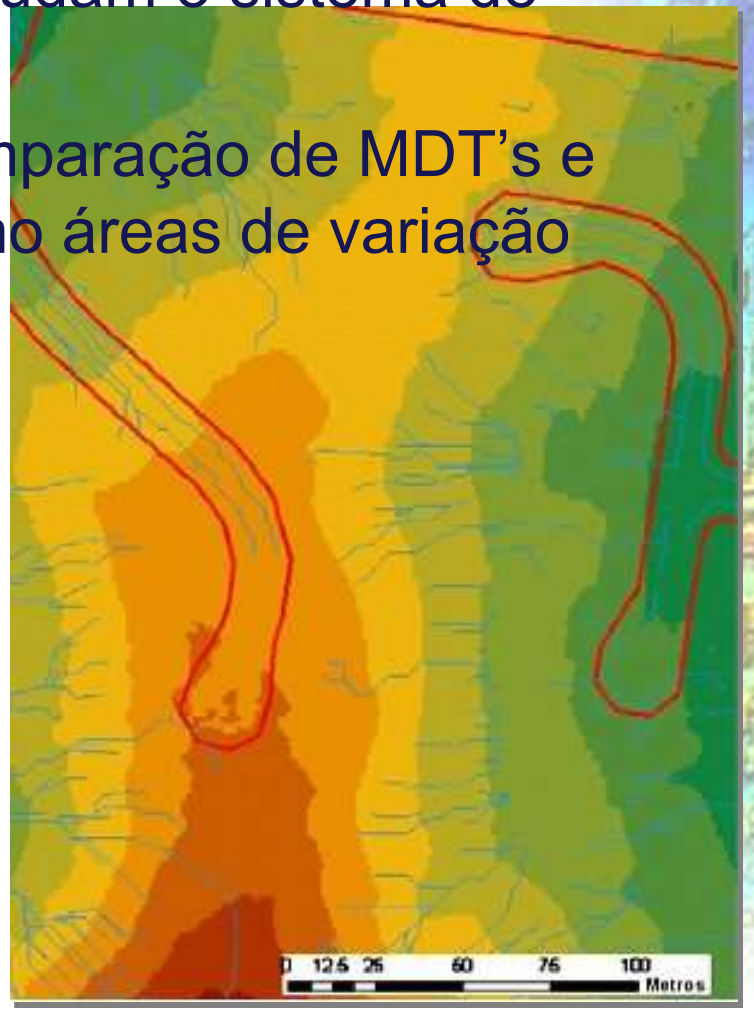
- Cheias em rios com bastante movimentação em seu canal ou padrão de escoamento;
- Erosão ou da sedimentação de áreas costeiras ou estuários;
- Inundação em cidades costeiras.



Hidrologia

- Modelos de Drenagem em áreas urbanas e rurais
  - Aterros e escavações ilegais mudam o sistema de drenagem
  - Identificação da mudança - comparação de MDT's e delimitação das diferenças como áreas de variação

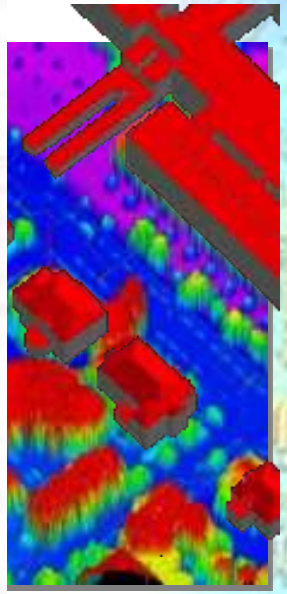




ESTEIO

Modelagem Urbana

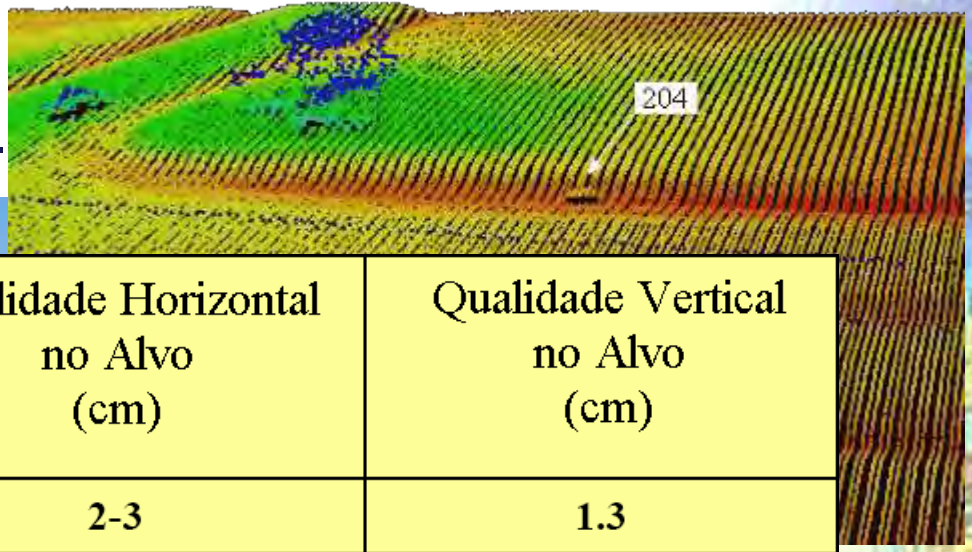
- Modelos 3D para planejamento de redes, localização espacial (telecomunicação), sistemas de navegação automotiva;
- Modelagem realista das fachadas de edificações.



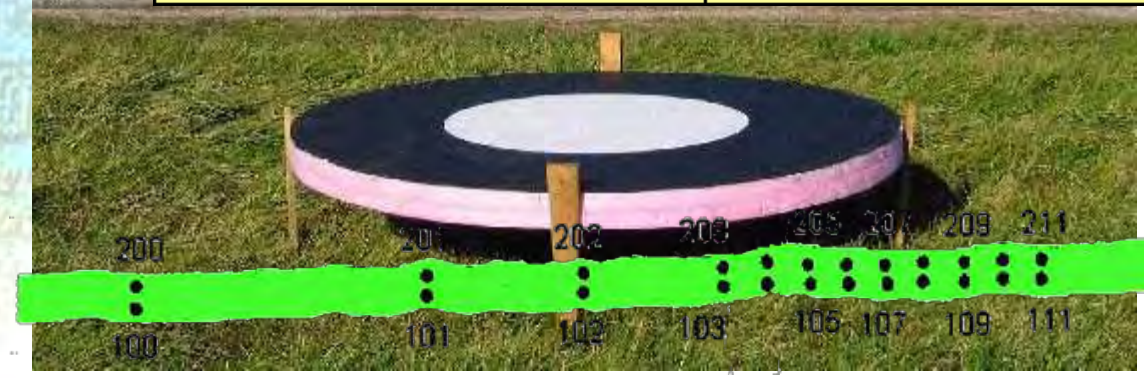
ESTEIO

Mapeamento de Vias

- Incremento de qualidade altimétrica com uso de sinais no terreno
  - Qualidade vertical - 3 a 4 cm.



Densidade de Pontos (pontos/m²)	Qualidade Horizontal no Alvo (cm)	Qualidade Vertical no Alvo (cm)
16 (~0.25m*0.25m)	2-3	1.3
4 (~0.50m*0.50m)	5-10	2.5
1.78 (~0.75m*0.75m)	10-15	4.0

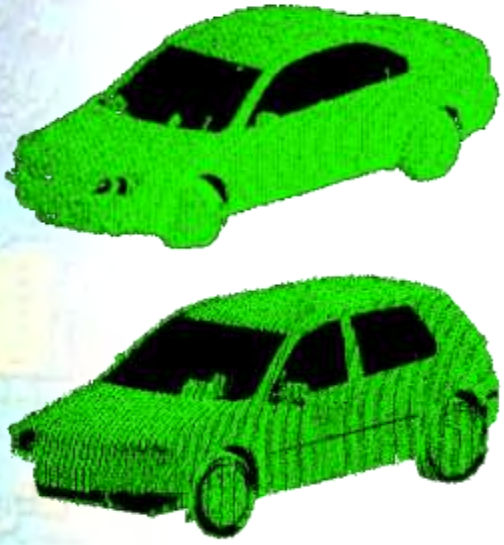


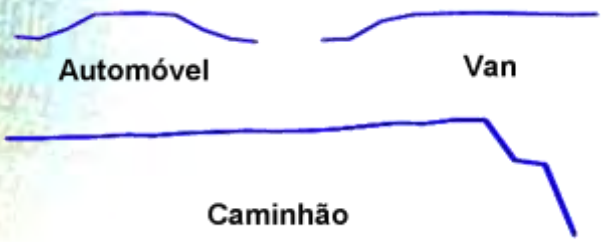
Adaptado de: Improvement of Lidar Data Accuracy with Ground Targets (2005)

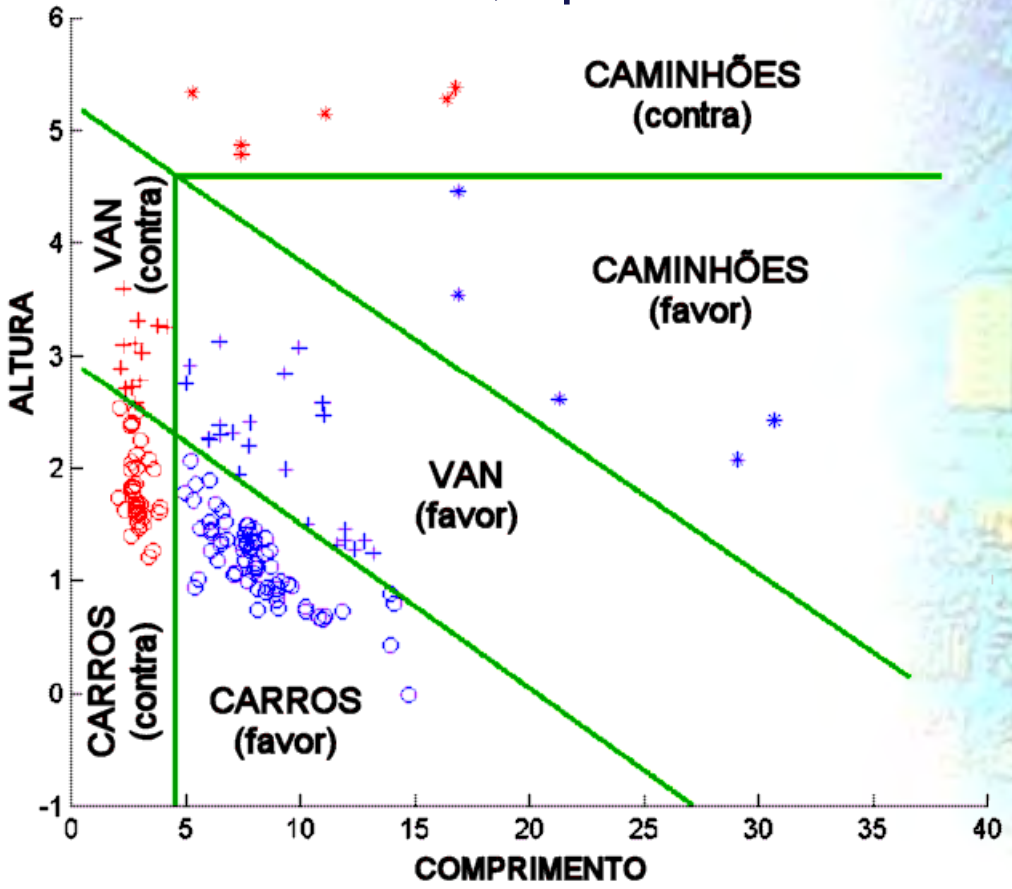
ESTEIO

Contagem de Veículos

- Determinação de Perfis Característicos (treinamento dos algoritmos)
  - Eficácia de ~80% em densidade de 1,5 pontos/m².



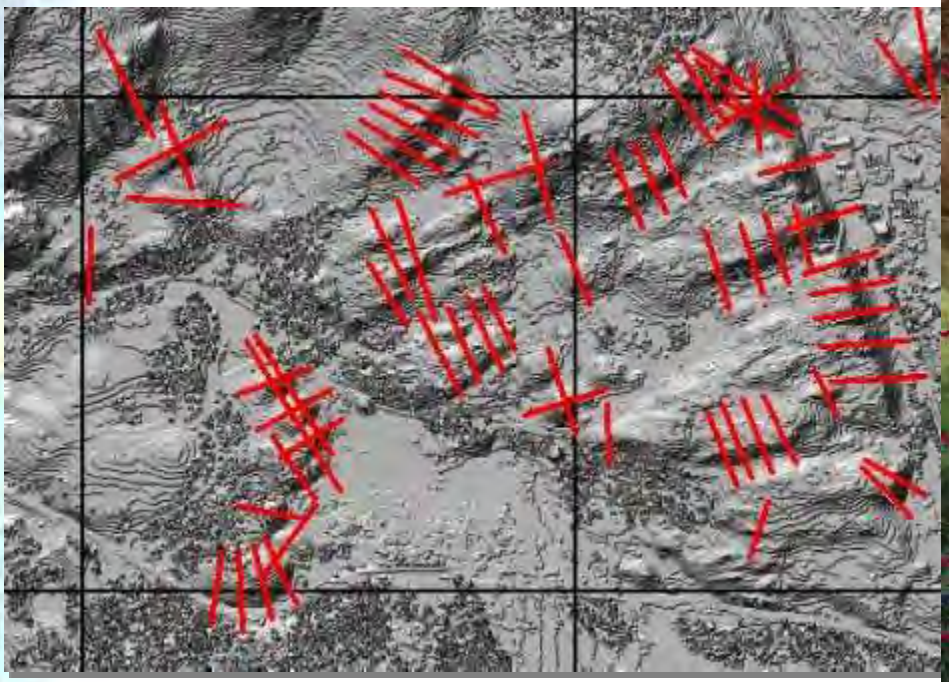




Adaptado de: Model-based Vehicle Detection from Lidar Data (2004)

Mapeamento para Uso Militar

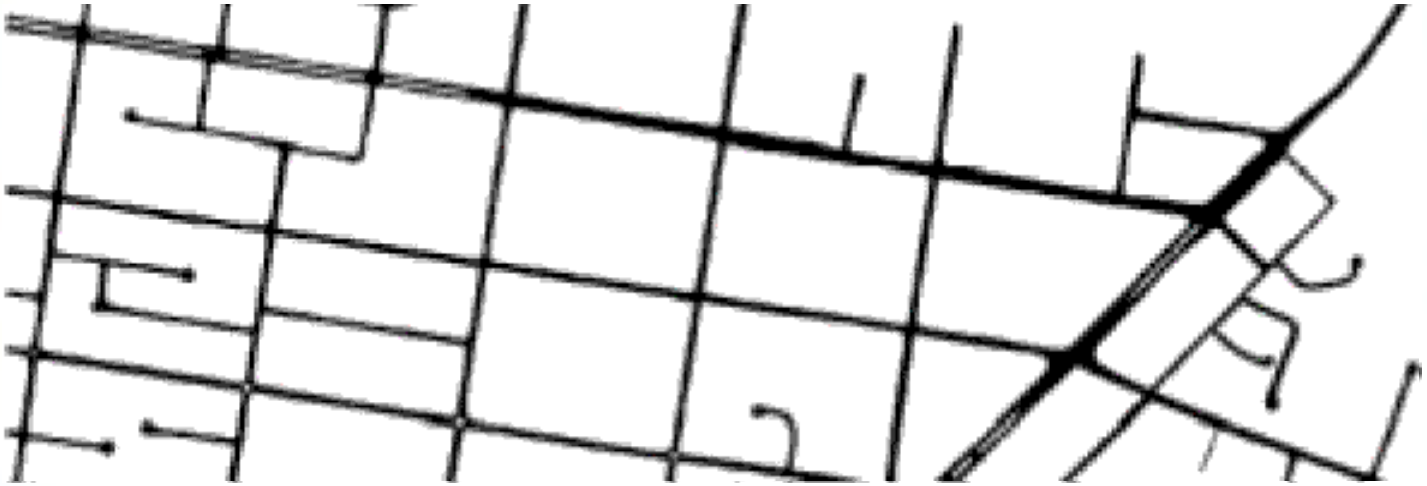
- Pontos críticos no terreno com respeito à mobilidade
- US Army Engineer Resarch Center.



Adaptado de: Terrain Gap Identification and Analysis for Assured Mobility (2004)

Extração Automática de Vias

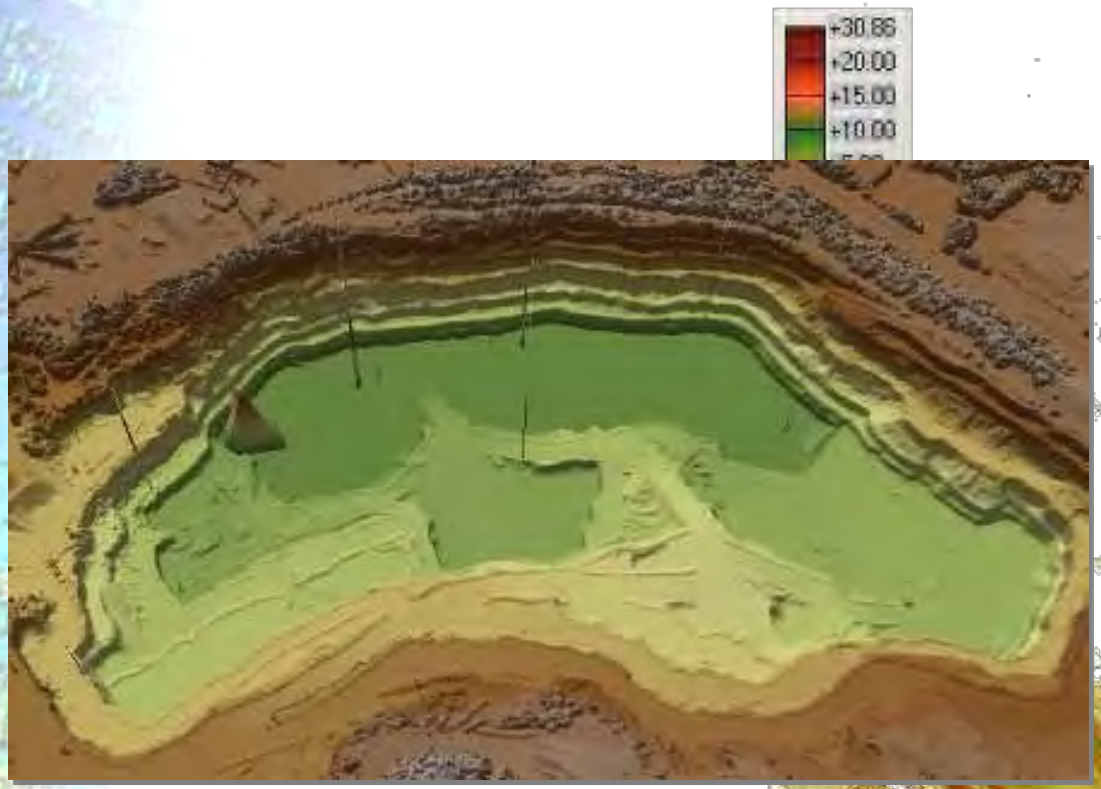
- Classificação hierárquica para separar pontos de acordo com intensidade e elevação
  - pseudovias como ruas de acesso e estacionamentos – algoritmo de remoção.

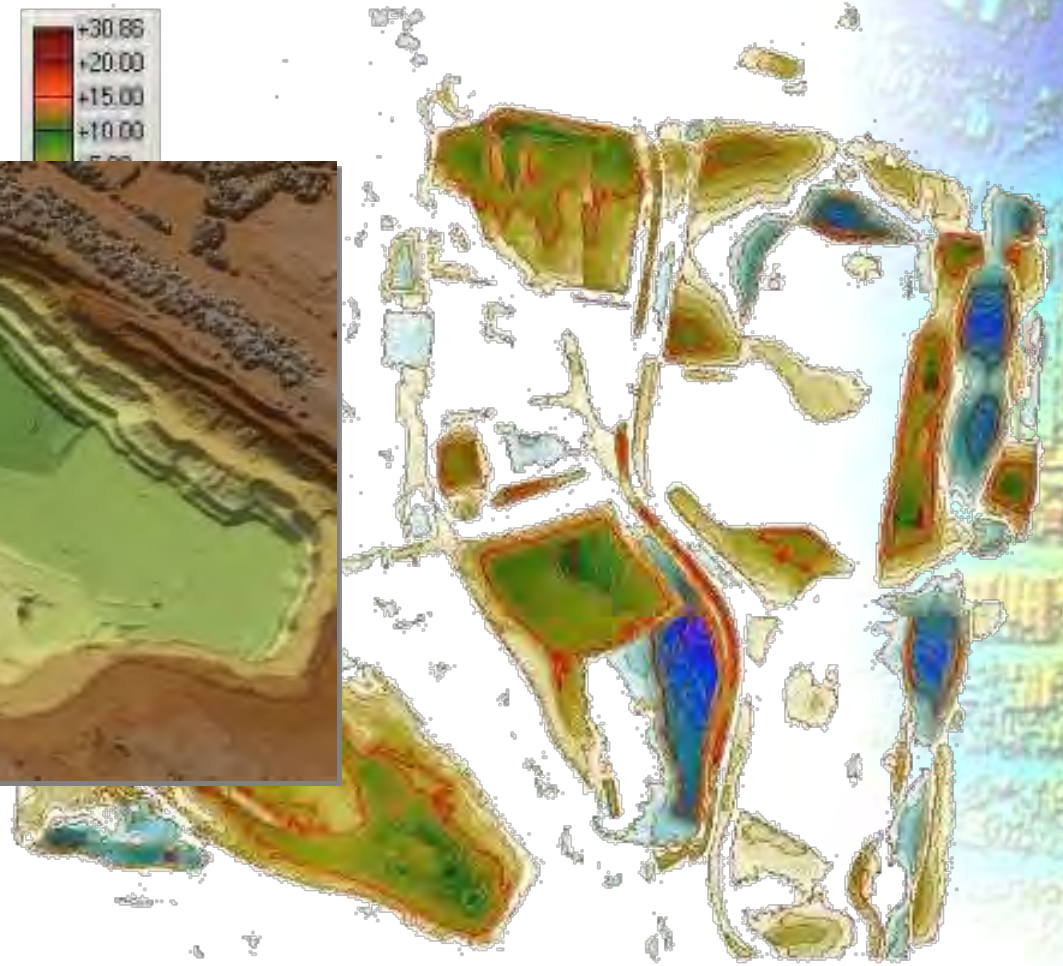


LIMPEZA

Medição de Volumes

- Medição volumes de estoque de materiais
  - Carvão - Intensidade entre 5 e 13.





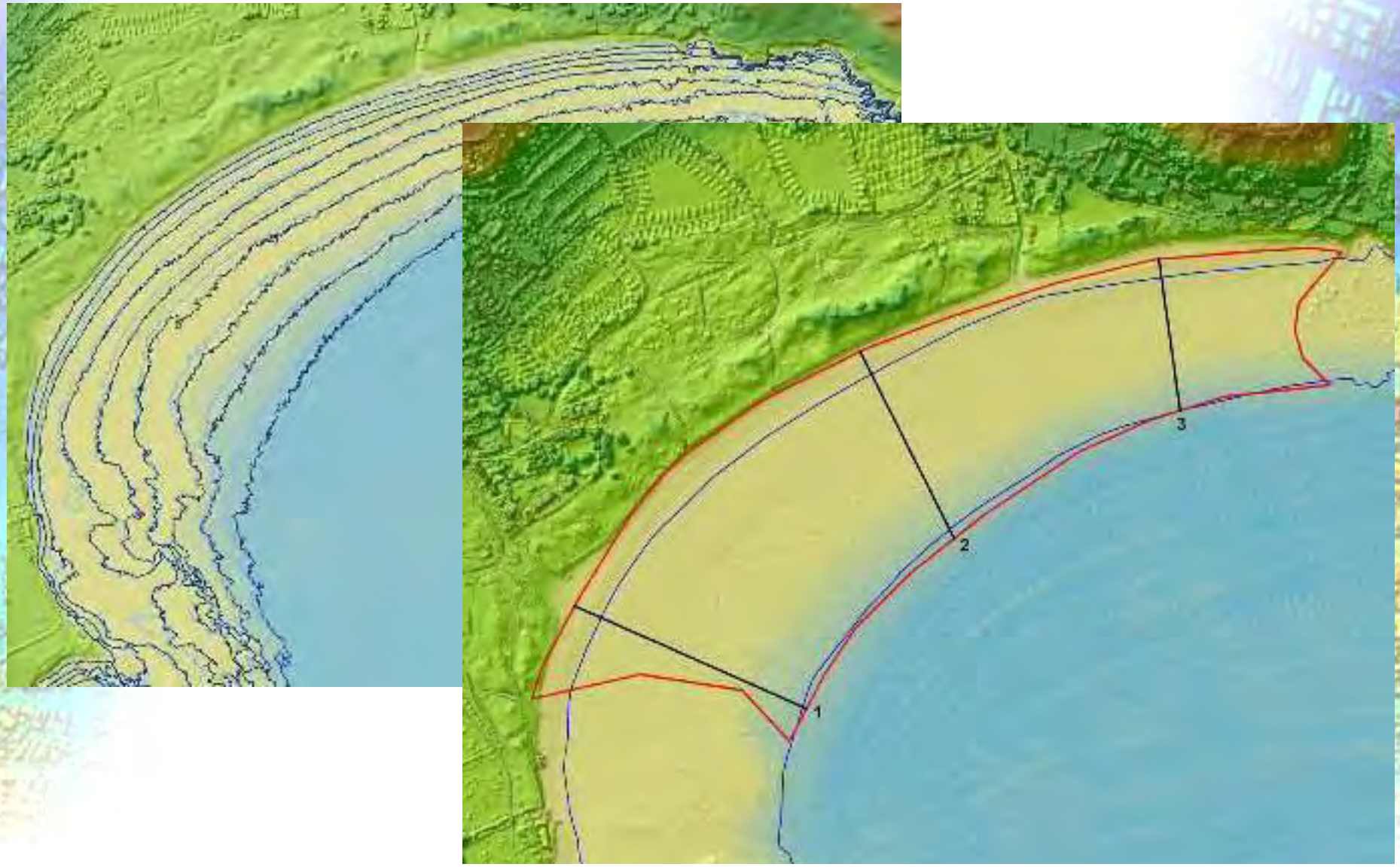
ESTEIO

Medição de Volumes

- Medição volumes de Região Costeira
  - Assoreamento de Praia e Estuário (sul UK) devido a dragagem nas proximidades;
  - Sistemático de 1998 a 2003 com vários equipamentos.

Adaptado de: Proocedings ILMF Intl LiDAR Mapping Forum (Feb, 2006)

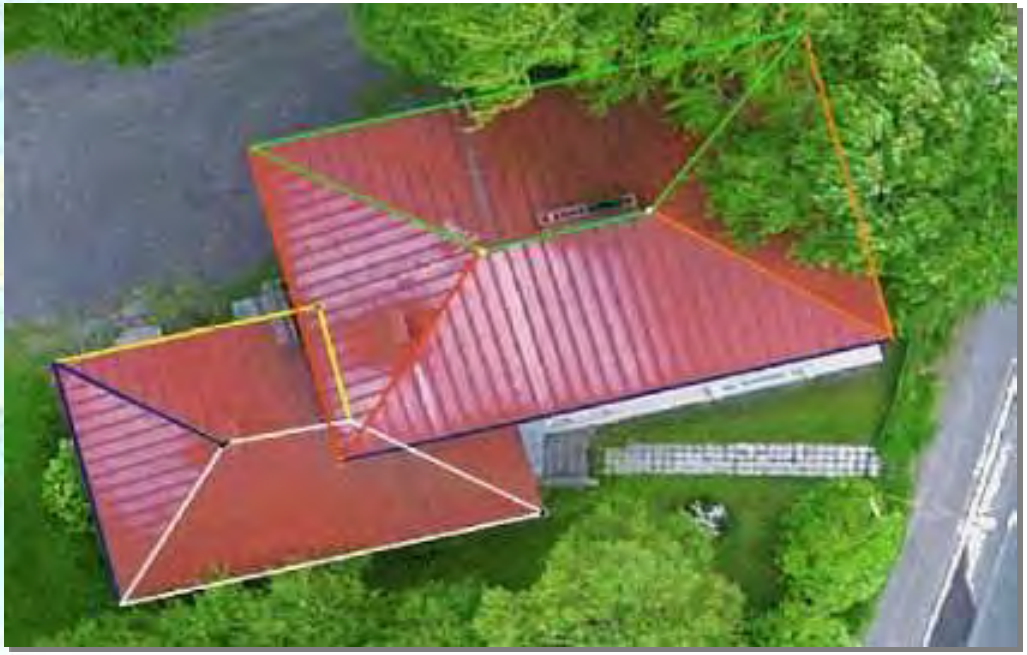
Medição de Volumes

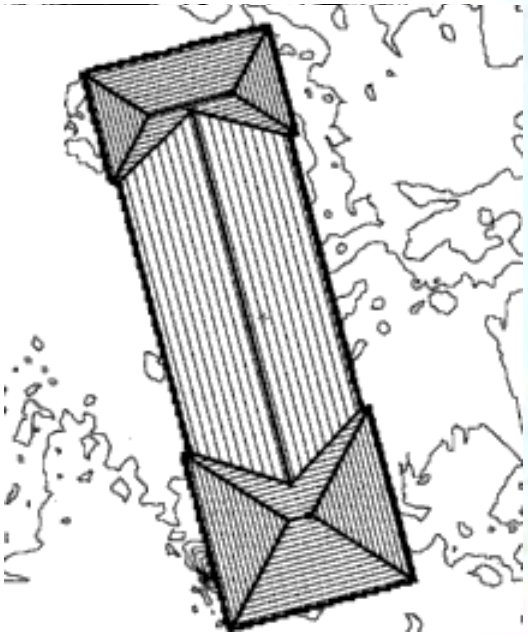


Adaptado de: Proocedings ILMF Intl LiDAR Mapping Forum (Feb, 2006)

Redução de Ruído

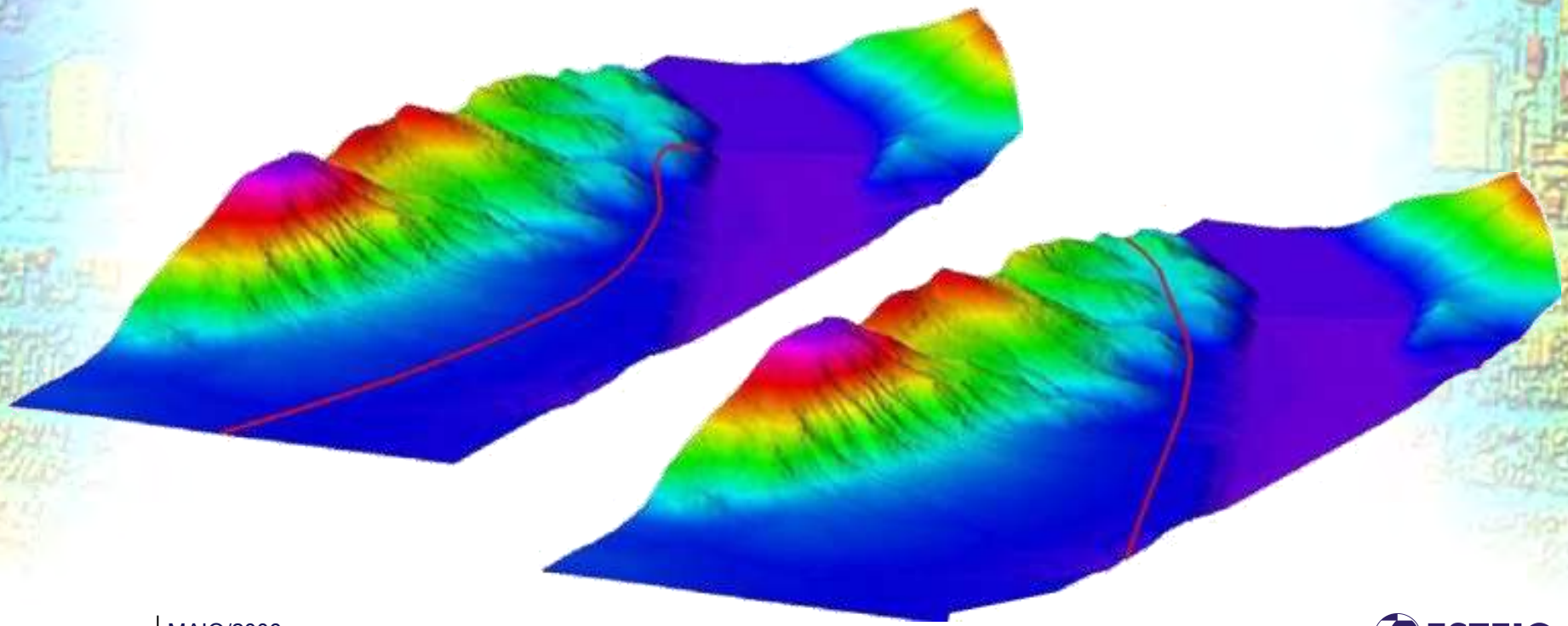
- Determinação da altura ótima da proteção com conhecimento da altura dos beirais das edificações a partir de dados ALS





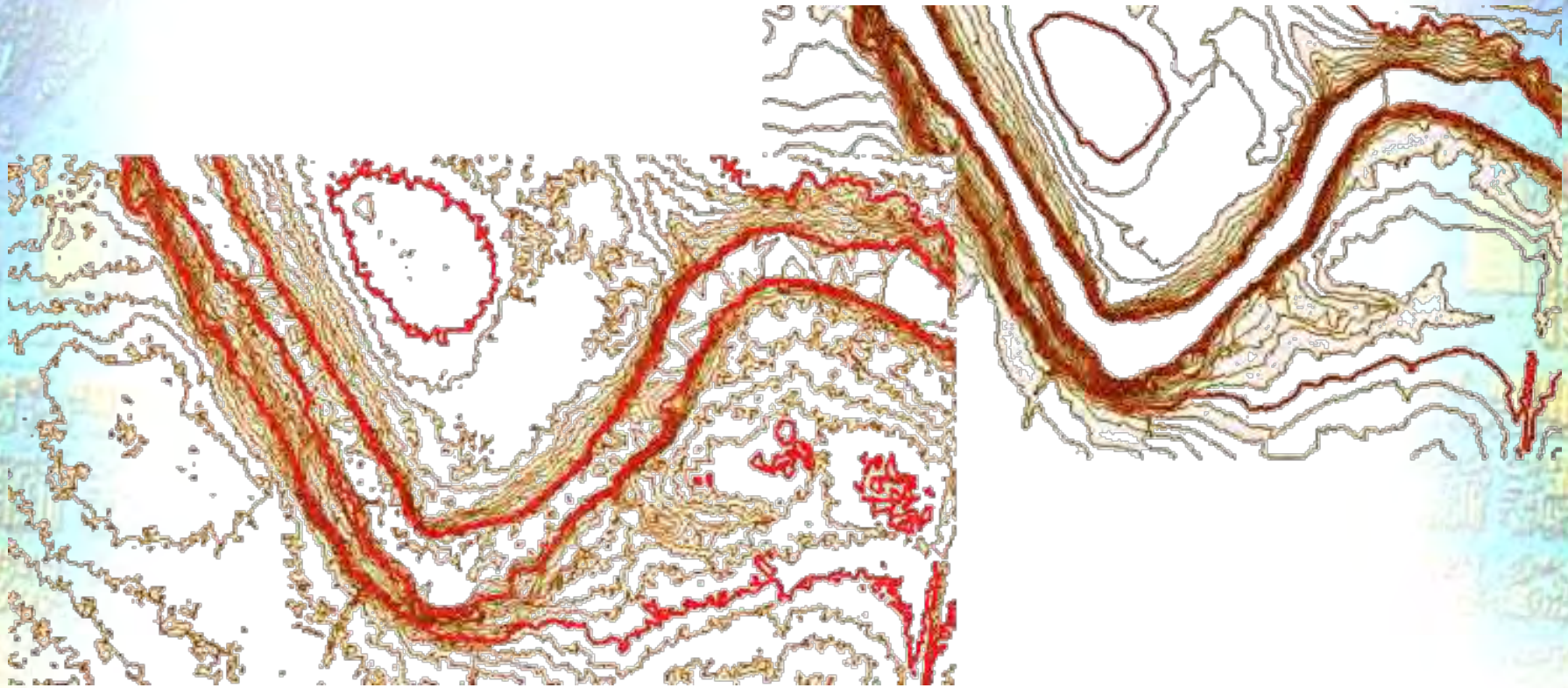
Estudos Ambientais

- Estudos de traçado para conjunção dos aspectos operacionais com a viabilidade ambiental
  - Caminho ótimo de empreendimento linear dentre alternativas;
  - Estudos de locais especiais para equipamentos.



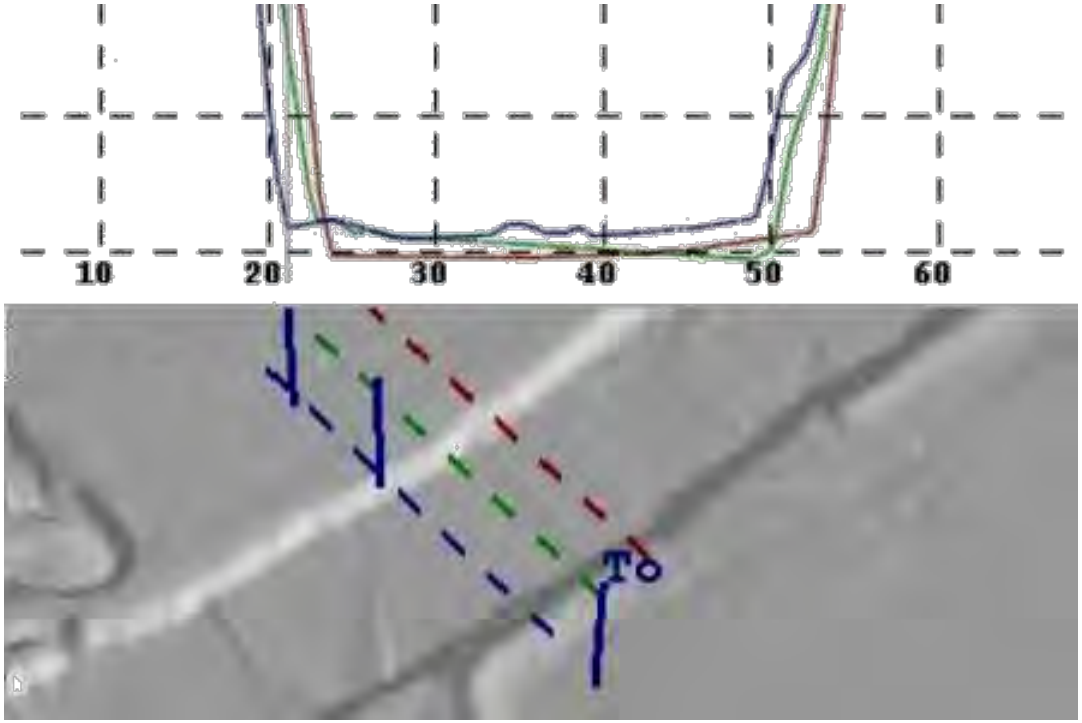
Estudos Ambientais

- Estudos de traçado para conjunção dos aspectos operacionais com a viabilidade ambiental
  - Altimetria para organismos reguladores ambientais.

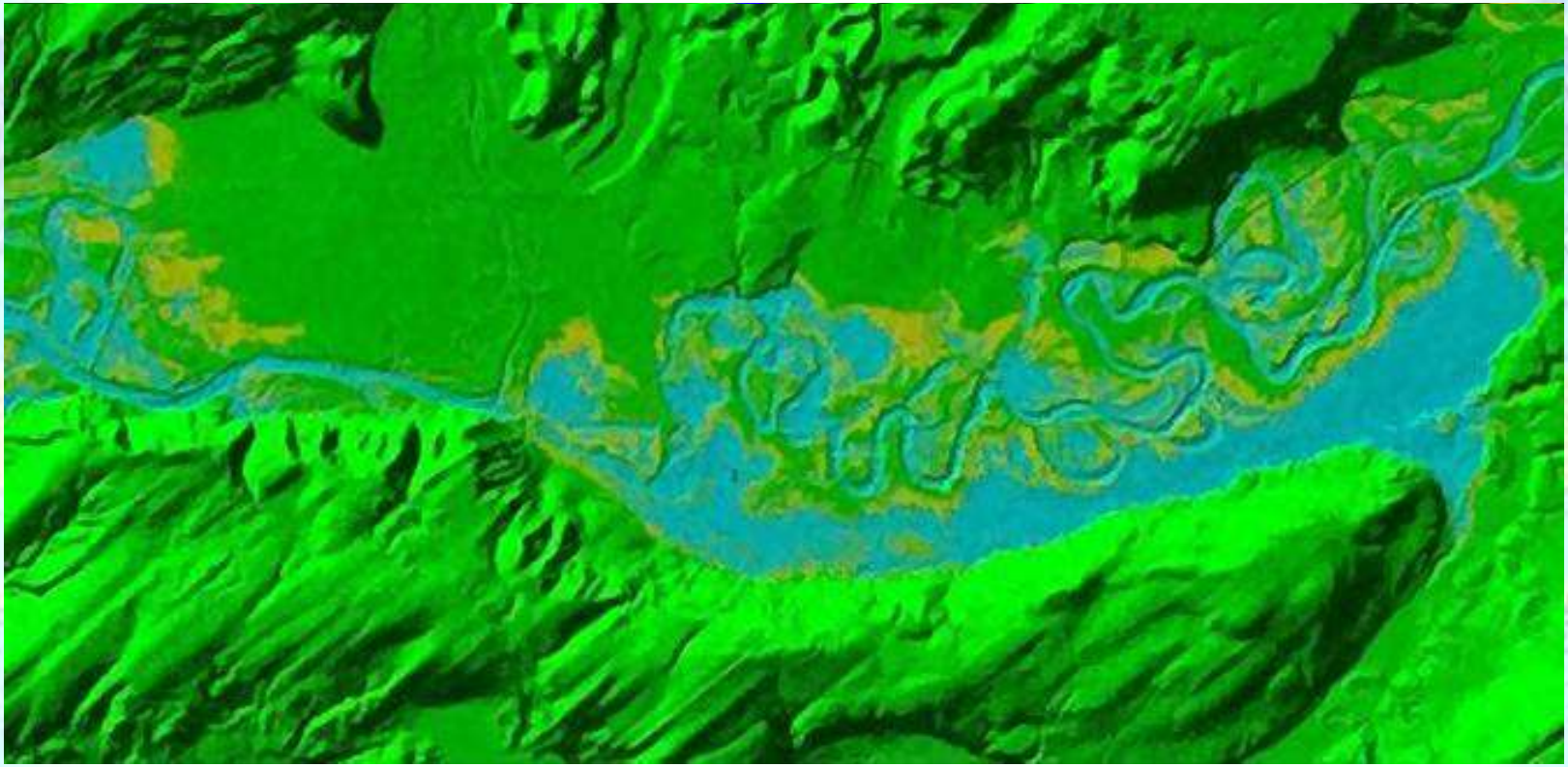


Estudos Ambientais

- Estudos de traçado para conjunção dos aspectos operacionais com a viabilidade ambiental
  - Extração de perfis longitudinais para projeto e operação.



Outros Exemplos



1 m

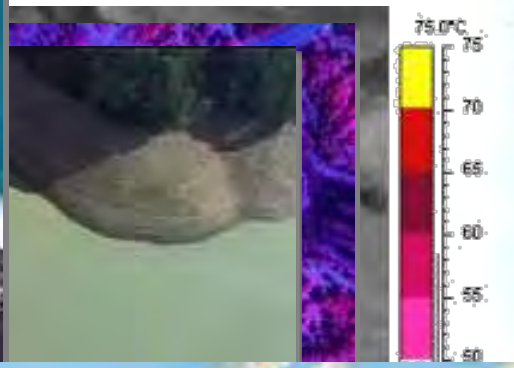
10 m

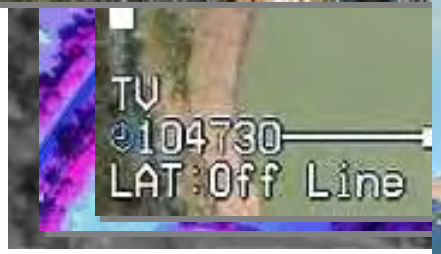
ESTEIO

Tendências

- Imagem combinada com dados ALS
  - intensidade, image
    pequeno formato, i
    termografia.

Restrições
- Eletrônica/elétrica/espaço para duplo sensor
- Variação brusca de temperaturas
- Poeira, condensação e variações de tensão

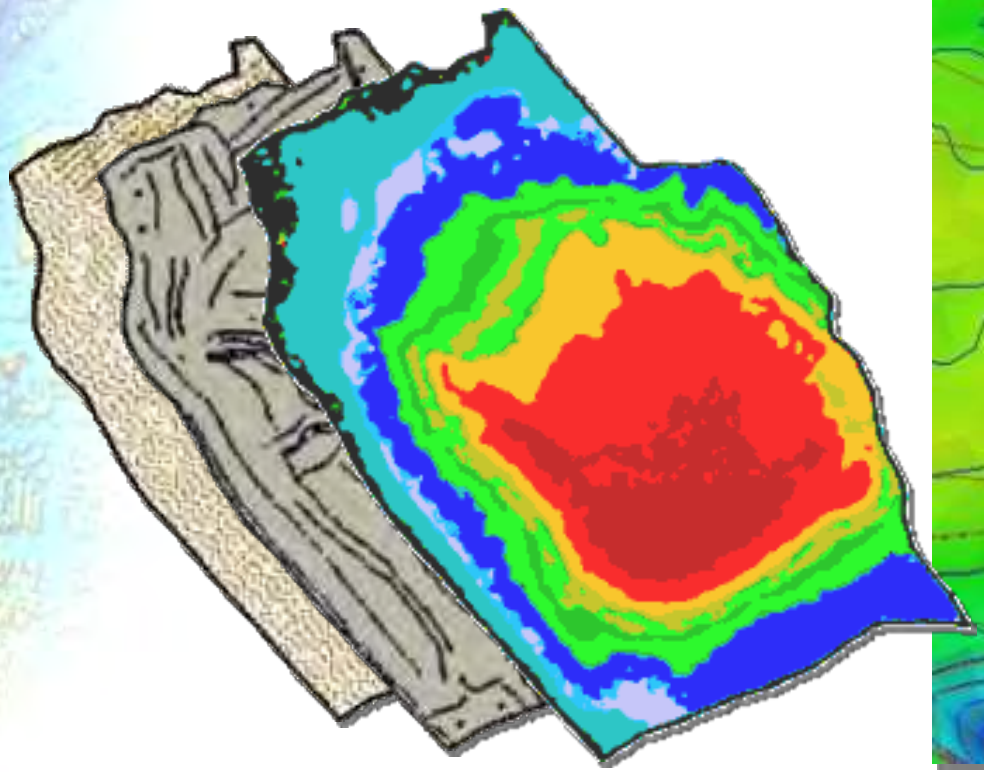


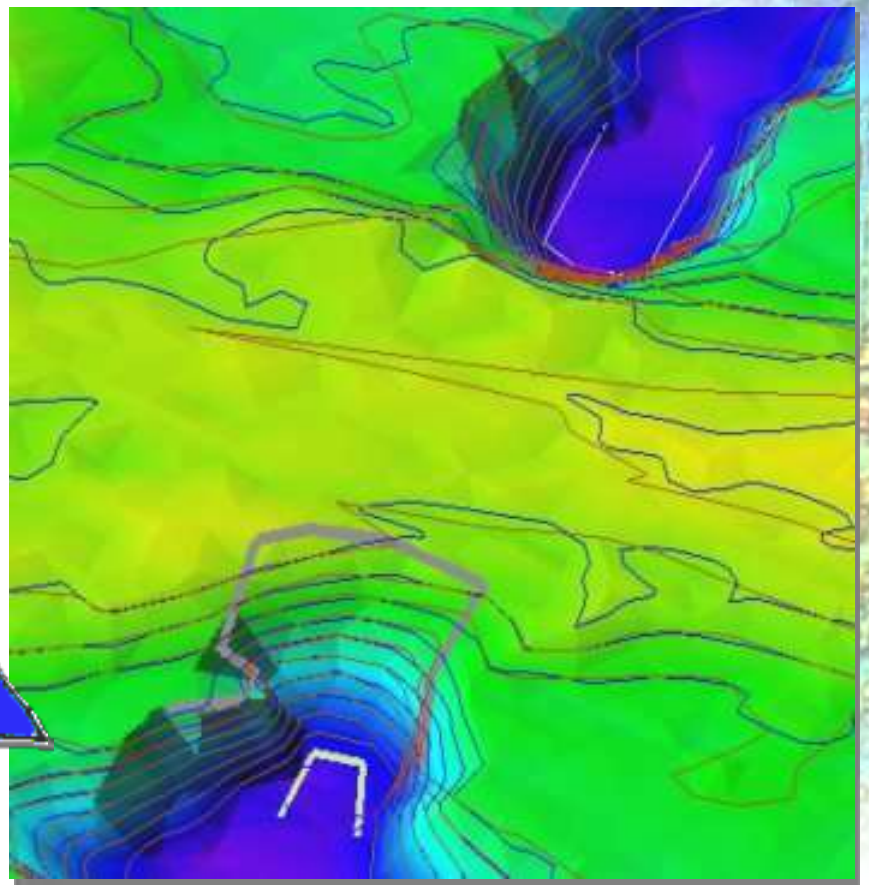


ESTEIO

Tendências

- Retorno multiespectral para intensidade
- Classificação Automática em regiões urbanas
  - cortes, aterros, pontes, viadutos.
- Isenção de *breaklines*



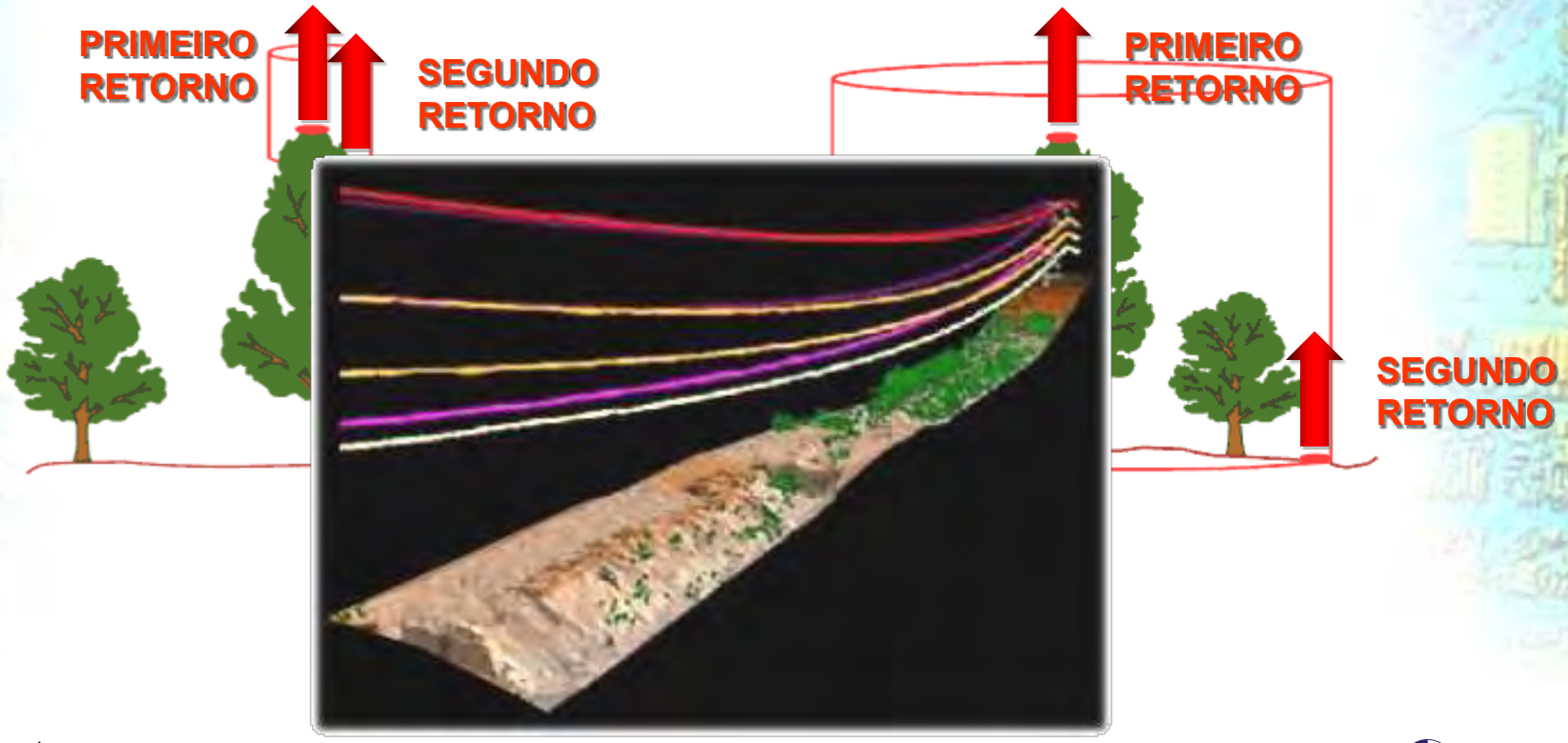


Tendências

- Ajuste automático da Divergência
  - Ve[illegible] densa – garantia de penetração;
  - Mo[illegible];
  - LT[illegible]

  - 1.500 pulsos atingem cabos - convergência normal
  - 2.680 pulsos atingem quando em modo estendido

  Aumento de 76% na definição das LT's.



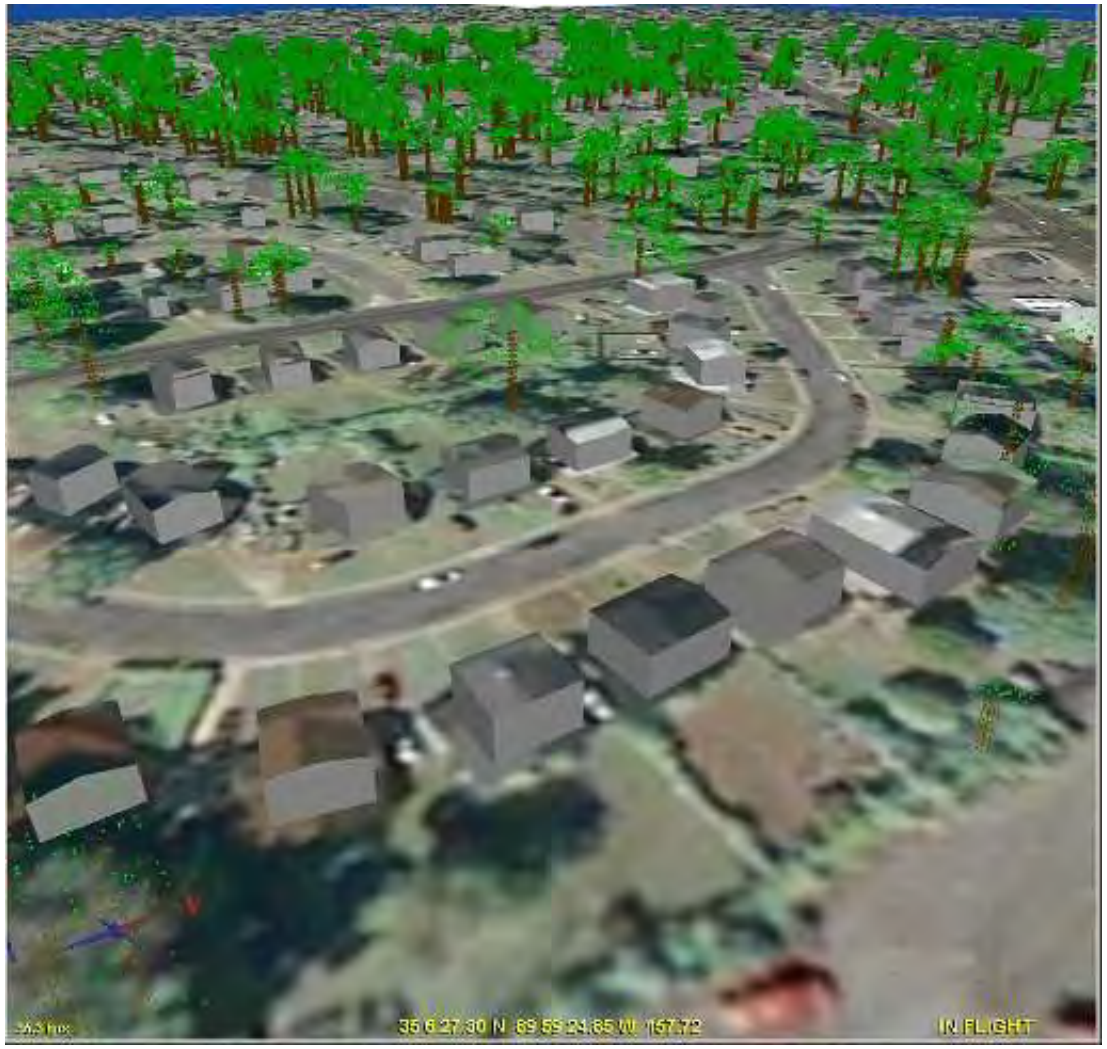
ESTEIO

Tendências

- Conjugação de ALS e TLS (Aéreo e Terrestre)

Tendências

- Conjugação de ALS e TLS - maquetes eletrônicas urbanas e de complexos industriais



ESTEIO

Tendências

- Registro da forma do objeto – waveform – áreas florestadas;
- Capacidade de penetração na água - limitado em águas turbulentas e com sedimentos;
- Áreas cobertas com neve ou gelo - pesquisa no Japão e Europa;
- Viabilidade econômica de extração automática de feições, linhas de alta tensão, rede viária, edificações ... ;
- Otimização de algoritmos para armazenamento de grandes volumes de dados LiDAR (pilhas, pirâmides e agrupamento) – 500 milhões de pts;

Tendências

- Procura pelo aumento de precisão de dados finais
  - Aprox 15 cm precisão é lugar comum;
  - Aprox 5 cm precisão é o objetivo dos principais fabricantes.
- Aumento da Densidade de pontos disponível
  - 105 m de largura a 225 km/h = 42 pontos/$m^{2;}$
  - 15 cm de espaçamento entre pontos em média;
  - Facilitar a extração de feições.
- Aplicações para dados geoespaciais
  - Microsoft Virtual Earth, Google Earth, sem dados LiDAR ... AINDA ...

Sucessos e Fracassos

- **Sucessos**
  - Diminui prazos e custos, comparado com Fotogrametria;
  - Aumenta a versatilidade de condições de tempo, cobertura de vegetação e acesso ao local.
- **Fracassos**
  - Não vai atender todas as necessidades de todos os usuários, que é o resumo de:
    - "superestima da capacidade do sensor”
      - QUALIDADE **H** e **V** e TOLERÂNCIAS PARA CADA TERRENO;
    - "falta de padrões da indústria",
    - "conhecimento parcial de geodésia e GPS“;
    - "desempenho do sensor" e
    - "tamanho dos dados“.

Fracasso ?

- O que é terreno ? O que não é terreno ?

Conclusão

Clientes satisfeitos ?

S I M ...

...

Mas com alguns pequenos detalhes para resolver …

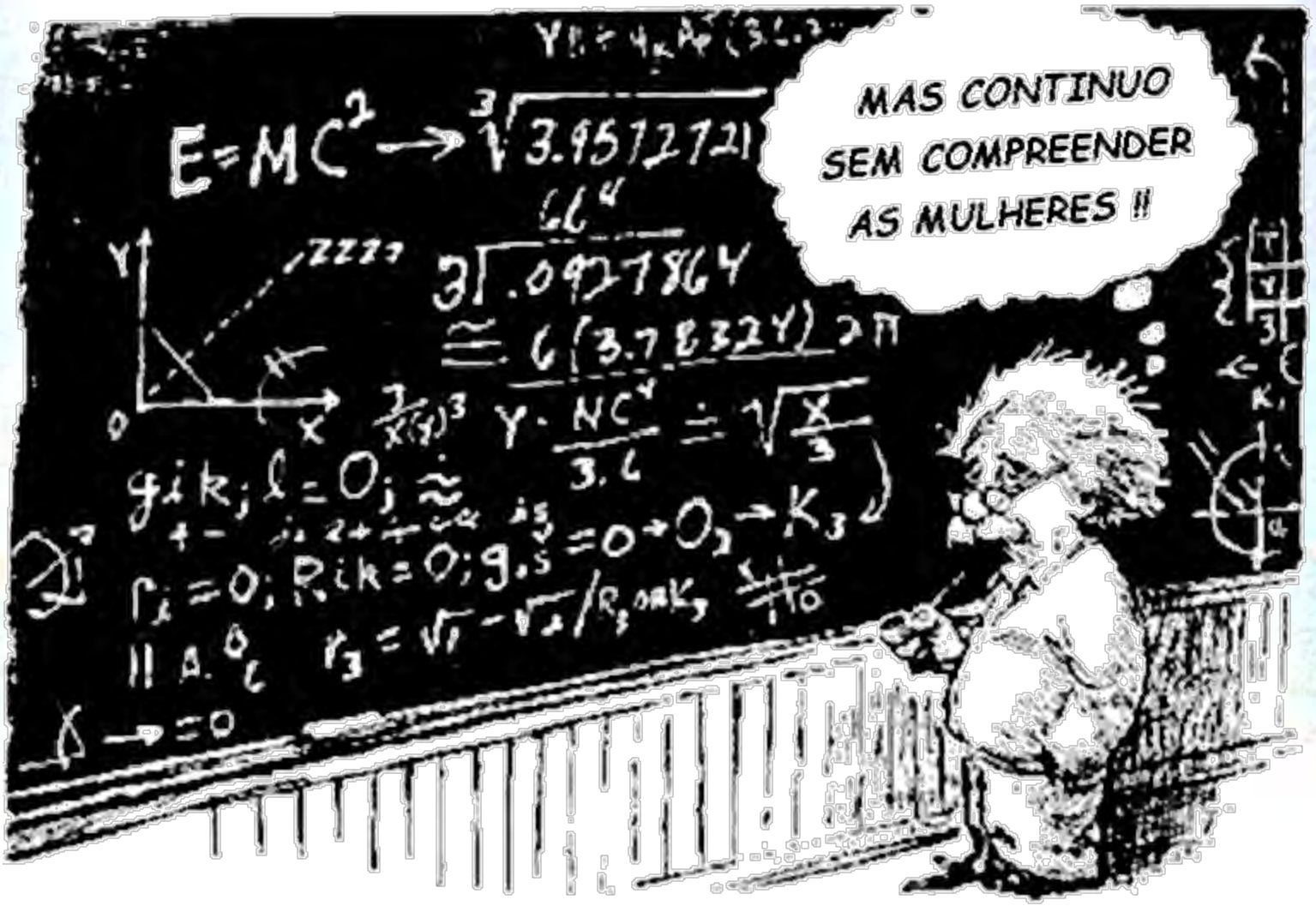
- FORMATO
- ARMAZENAMENTO
- PRODUTOS
- INTEGRAÇÃO
- QUALIDADE

…

ESTEIO

Comentário Final

O ALS É MENOS COMPLICADO DO QUE APARENTA !



ESTEIO

Obrigado pela atenção !

P a r a m a i s i n f o r m a ç õ e s :

amauri@esteio.com.br
MSN: ablize@gmail.com
Fone 41 3271-6000

CÓPIA DESTA APRESENTAÇÃO NO ESTANDE DA ESTEIO NESTE EVENTO !

Faça uma visita ao *site*
www.lidar.com.br

ESTEIO