



Dados LiDAR na delimitação de Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo

Rui Pereira Reis e António Alves da Silva

Direção-Geral do Território

rui.reis@dgterritorio.pt; aalves@dgterritorio.pt

8 a 10 de Julho de 2025
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Universidade de Cabo Verde (Presencial e Online)



RISCOS
ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA
DE RISCOS, PREVENÇÃO
E SEGURANÇA

Sumário

- Cartografia da REN – Reserva Ecológica Nacional
 - Enquadramento legislativo;
 - Temas, subtemas e catálogo de objetos.
- Tecnologia LiDAR
- Levantamento LiDAR de Portugal Continental 2024
 - Características principais;
 - Esquema de classificação;
 - Produtos derivados.
- Exemplos:
 - Declives;
 - AEREHS.
- Conclusões:
 - Vantagens LiDAR para delimitação de objetos da REN e as AEREHS.



RISCOS
ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA
DE RISCOS, PREVENÇÃO
E SEGURANÇA

DEPGEOTUR
DEPARTAMENTO
DE GEOGRAFIA
E TURISMO



1 2 9 0
FACULDADE DE LETRAS
UNIVERSIDADE DE
COIMBRA



UNIVERSIDADE
CABO VERDE



fct
FACULDADE DE
CIÊNCIAS E
TECNOLOGIA



E.N.B.
ESCOLA NACIONAL DE
BOMBEIROS



Cartografia da REN: Enquadramento

- Regime Jurídico da REN – RJREN:
 - Instituído pelo Dec.-Lei nº321/83, RJREN revisto e atualizado diversas vezes;
 - RJ em vigor instituído pelo Dec.-Lei nº166/2008, de 22 de agosto, e depois disso alterado várias vezes, a última das quais pelo Dec.-Lei nº124/2019, de 28 de agosto.
- RJREN prevê dois níveis:
 - Estratégico: Orientações Estratégicas Nacionais e Regionais;
 - Operativo: cartas de delimitação da REN de âmbito municipal.
- As Orientações Estratégicas Nacionais e Regionais – OENR:
 - especificam as diretrizes e critérios para a delimitação das áreas integradas na REN (Portaria nº336/2019, de 26 de setembro). Também: “Guia metodológico” (CCDR-LVT, 2015).
- Carta de delimitação da REN:
 - representa áreas incluídas na REN e áreas excluídas da REN representadas sobre a carta base.
- Carta base da REN:
 - é obtida a partir da cartografia de base, oficial ou homologada, por seleção da informação relevante.



RISCOS
ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA
DE RISCOS, PREVENÇÃO
E SEGURANÇA

DEPGEOTUR
DEPARTAMENTO
DE GEOGRAFIA
E TURISMO



1 2 9 0
FACULDADE DE LETRAS
UNIVERSIDADE DE
COIMBRA



UNIVERSIDADE
CABO VERDE



fct
FACULDADE DE
CIÊNCIAS E
TECNOLOGIA



ci . dl . t



INSTITUTO NACIONAL DE
EMERGÊNCIA E PROTEÇÃO CIVIL



E.N.B.
ESCOLA NACIONAL DE
BOMBEIROS



INSTITUTO NACIONAL DE
PROTEÇÃO CIVIL

Cartografia da REN

- A carta de base é obtida a partir de cartografia topográfica vetorial 1: 10 000 que deve ter como conteúdo mínimo (DGT, 2020):
 - Informação oro-hidrográfica tridimensional;
 - Redes rodoviária e ferroviária;
 - Construções;
 - Toponímia.
- Pode ser utilizada cartografia topográfica de imagem (ortofotocartografia)
 - desde que complementada com informação vetorial e toponímica.
- Exatidão posicional planimétrica da cartografia de base ≤ 5 m.
- Ortofotomapas com resolução espacial $\leq 0,5$ m.
- Exatidão temática $\geq 95\%$.
- Sistema de georreferência PT-TM06/ETRS89.



RISCOS
ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA
DE RISCOS, PREVENÇÃO
E SEGURANÇA

DEPGEOTUR
DEPARTAMENTO
DE GEOGRAFIA
E TURISMO



1 2 9 0
FACULDADE DE LETRAS
UNIVERSIDADE DE
COIMBRA



UNIVERSIDADE
CABO VERDE



Catálogo de Objetos da REN

Tema: Áreas de proteção do litoral		
Subtema	Objeto	
Faixa marítima de proteção costeira	Faixa marítima de proteção costeira	01
Praias	Praias	02
Barreiras detriticas	Restingas	03
	Barreiras soldadas	04
	Ilhas-Barreira	05
Tômbolos	Tômbolos	06
Sapais	Sapais	07
Ilhéus e rochedos emersos no mar	Ilhéus	08
	Rochedos emersos no mar	09
Dunas costeiras e dunas fósseis	Dunas costeiras litorais	10
	Dunas costeiras interiores	11
	Dunas fósseis	12
Arribas e respetivas faixas de proteção	Arribas	13
	Faixa de proteção de arribas a partir do rebordo superior	14
	Faixa de proteção de arribas a partir da base da arriba	15
Faixa terrestre de proteção costeira	Faixa terrestre de proteção costeira	16
	Águas do mar – Margem	17
Águas de transição e respetivos leitos, margens e faixas de proteção	Águas de transição – Leito	18
	Águas de transição – Margem	19
	Águas de transição – Faixa de proteção	20

Tema: Áreas relevantes para a sustentabilidade do ciclo hidrológico terrestre		
Subtema	Objeto	
Cursos de água e respetivos leitos e margens	Cursos de água – Leito	21
	Cursos de água – Leito canalizado	22
	Cursos de água – Margem	23
Lagoas e lagos e respetivos leitos, margens e faixas de proteção	Lagoas e lagos – Leito	24
	Lagoas e lagos – Margem	25
	Lagoas e lagos – Faixa de proteção	26
Albufeiras que contribuam para a conectividade e coerência ecológica da REN, bem como os respetivos leitos, margens e faixas de proteção	Albufeiras – Leito	27
	Albufeiras – Margem	28
	Albufeiras – Faixa de proteção	29
Áreas estratégicas de infiltração, proteção e recarga de aquíferos	Áreas estratégicas de infiltração, proteção e recarga de aquíferos	30

Tema: Áreas de prevenção de riscos naturais		
Subtema	Objeto	
Zonas adjacentes	Zonas adjacentes	31
Zonas ameaçadas pelo mar	Zonas ameaçadas pelo mar	32
Zonas ameaçadas pelas cheias	Zonas ameaçadas pelas cheias	33
Áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo	Áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo	34
Áreas de instabilidade de vertentes	Áreas de instabilidade de vertentes	35
	Escarpas	36

Tema: Áreas de exclusão		
Subtema	Objeto	
Exclusão por compromisso – C	Exclusão por compromisso – C	37
Exclusão para a satisfação de carências – E	Exclusão para a satisfação de carências – E	38



RISCOS
ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA
DE RISCOS, PREVENÇÃO
E SEGURANÇA

DEPGEOTUR
DEPARTAMENTO
DE GEOGRAFIA
E TURISMO



1 2 9 0
FACULDADE DE LETRAS
UNIVERSIDADE DE
COIMBRA



Cartografia da REN

- Para a delimitação dos 36+2 objetos da REN usa-se:
 - Cartografia de base homologada e atualizada: ortofotocartografia, levantamentos aerofotogramétricos, coberturas aerofotográficas;
 - Informação fornecida pela APA, IH, LNEG, ... (Exemplos: cartografia hidrográfica-IH; LMPMAVE, Domínio Público Marítimo-APA, Carta Geológica – LNEG, ...);
 - Cartografia adquirida propositadamente para a delineação dos objetos da REN a nível concelhio.
- Com o novo levantamento Lidar de Portugal Continental o enquadramento subjacente à aquisição da cartografia-base (usada na REN e nos PDM) pode vir a alterar-se de forma significativa sendo previsível virem a estar disponíveis diversos CDG derivados de âmbito nacional e de elevada resolução,
- ou, pelo menos, este levantamento pode fornecer dados com base nos quais será possível criar, com relativa facilidade, diversos CDG de elevada resolução.



RISCOS
ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA
DE RISCOS, PREVENÇÃO
E SEGURANÇA

DEPGEOTUR
DEPARTAMENTO
DE GEOGRAFIA
E TURISMO



1 2 9 0
FACULDADE DE LETRAS
UNIVERSIDADE DE
COIMBRA



UNIVERSIDADE
CABO VERDE
uni



fct
FACULDADE DE
CIÊNCIAS E
TECNOLOGIA



Tecnologia LiDAR

- Tecnologia LiDAR:
 - Nuvem de pontos 3D, classificados, com distribuição não uniforme mas com elevadas densidades médias.
 - Tipos de LiDAR: terrestre, aéreo (avião e VANT).
- Sistema LiDAR aéreo:
 - Emite pulsos Laser em determinado c.d.o., a elevada frequência (até 2MHz) e recolhe os retornos/reflexões;
 - Cada pulso Laser emitido pode dar origem a vários retornos (ex.: em diferentes níveis de vegetação);
 - Distâncias/altitudes determinadas com base no tempo do percurso do pulso entre emissão e receção;
 - À medida que o avião avança um espelho (rotativo/oscilante/*palmer*) desvia os pulsos por forma a fazer-se um varrimento lateral e cobrir-se uma faixa/fiada aprox. perpendicular à linha de voo;
 - Integra: Sistema inercial (IMU); Sistema de posicionamento/navegação (GNSS).



RISCOS
ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA
DE RISCOS, PREVENÇÃO
E SEGURANÇA

DEPGEOTUR
DEPARTAMENTO
DE GEOGRAFIA
E TURISMO



1 2 9 0
FACULDADE DE LETRAS
UNIVERSIDADE DE
COIMBRA



UNIVERSIDADE
CABO VERDE



fct
FACULDADE DE
CIÊNCIAS E
TECNOLOGIA



ENB
ESCOLA NACIONAL DE
BOMBEIROS



Tecnologia LiDAR

- Permite modelação detalhada de:
 - Terreno, vegetação, construções, planos de água, fundos pouco profundos (LiDAR batimétrico);
 - Resolução: no passado: 0,25/1/2 pts/m², agora: 8/10/16 pts/m² ou mesmo mais (40, 100, ...);
 - Elevada exatidão: 5/10/15cm em Z e 15/30/50cm em XY.
- Processo clássico de classificação:
 - Filtragem solo/não-solo
 - Classificação de pontos com base em parâmetros caracterizadores dos diferentes tipos de objetos.
 - Verificação, análise e processamento interativo, usando verificações independentes, por forma a produzirem-se as classificações finais.
- A nuvem de pontos classificada é posteriormente sujeita a processos de reconstrução para criar objetos e para se criarem CDG derivados usando, eventualmente, métodos de IA/DL com diferentes redes neuronais.



RISCOS
ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA
DE RISCOS, PREVENÇÃO
E SEGURANÇA

DEPGEOTUR
DEPARTAMENTO
DE GEOGRAFIA
E TURISMO



1 2 9 0
FACULDADE DE LETRAS
UNIVERSIDADE DE
COIMBRA



UNIVERSIDADE
CABO VERDE
uni



fct
FACULDADE DE
CIÊNCIAS E
TECNOLOGIA



ci . dl . t



INSTITUTO NACIONAL DE
EMERGÊNCIA E PROTEÇÃO CIVIL



ENB
ESCOLA NACIONAL DE
BOMBEIROS



INSTITUTO NACIONAL DE
GESTÃO DA EMERGÊNCIA E
PROTEÇÃO CIVIL

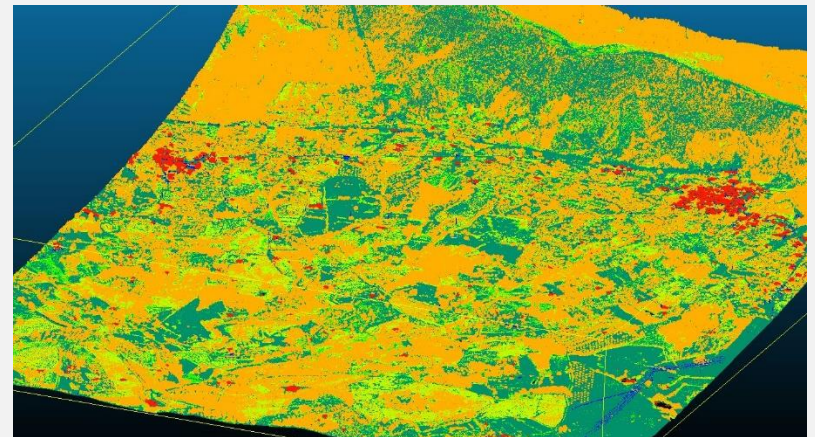
Levantamento LiDAR de PT Continental

- Características do Levantamento LiDAR de Portugal Continental - 2024:
 - 4 lotes (norte, centro-norte, centro-sul, sul);
 - c.d.o no Infravermelho (1064 n.m.);
 - Registo de pelo menos 4 retornos por pulso;
 - Dados em LAS v.1.4 – R15 com registo de pontos (PDR) no formato 8;
 - Sensores de modo linear: Teledyne Optech Galaxy T2000, RIEGL VQ-780 II-S:
 - Densidade média de pontos LiDAR = 10 pts/m²: 31,6 cm de espaçamento médio;
 - Exatidão altimétrica: 10 cm;
 - Exatidão planimétrica: 30 cm;
 - Aquisição simultânea de informação posicional e de imagem/espectral (R,G,B,NIR):
 - Câmaras aerofotogramétricas PhaseOne (iXU-RS1000; iXM-RS 150F; iXM-RS 100);
 - Resolução espacial = 0,25 m;
 - Resolução radiométrica = 8 bits.



Levantamento LiDAR de PT Continental

RGB



Classificação

- Classificação:
 - 1 - Outro,
 - 2 - Terreno,
 - 3 - Vegetação Baixa (0m – 0,5m),
 - 4 - Vegetação Média (0,5m – 2m),
 - 5 - Vegetação Alta (acima de 2m),
 - 6 - Construções,
 - 7 - Ruído,
 - 9 - Água,
 - 26 - Pontes;
- Exatidão da classificação:
 - Classe “Terreno”: 1%;
 - Restantes classes: 10%.



RISCOS
ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA
DE RISCOS, PREVENÇÃO
E SEGURANÇA

DEPGEOTUR
DEPARTAMENTO
DE GEOGRAFIA
E TURISMO



1 2 9 0
FACULDADE DE LETRAS
UNIVERSIDADE DE
COIMBRA



UNIVERSIDADE
CABO VERDE
uni



fct
FACULDADE DE
CIÊNCIAS E
TECNOLOGIA

ci .dl t



INSTITUTO NACIONAL
DE DEFESA DO AMBIENTE



ENB
ESCOLA NACIONAL DE
BOMBEIROS



INSTITUTO NACIONAL
DE DEFESA DO AMBIENTE

Levantamento LiDAR de PT Continental

- Dados derivados:
 - **MDT** – Com base na classe 2-Terreno (disponibilizados com esp. 0,5m e 2m);
 - **MDS** – Com base nos primeiros retornos (disponibilizados com esp. 0,5m e 2m);
 - **Mas também outros produtos** – obtidos pelos utilizadores a partir da nuvem de pontos LiDAR, diretamente ou após processamento:
 - Modelos virtuais de cidades,
 - Modelos de copas (CHM),
 - Rede viária, ...
- Portaria nº336/2019 (diretrizes e critérios para a delimitação das áreas da REN) **já prevê** a utilização de MDT criados a partir do levantamento LiDAR topo-batimétrico da costa de 2012.
- Segundo a nossa análise:
 - A delimitação de praticamente todos os objetos da REN necessita informação cartográfica, ortofotocartográfica e/ou aerofotográfica, que pode ser substituída, com vantagens, pela informação de um levantamento Lidar.



RISCOS
ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA
DE RISCOS, PREVENÇÃO
E SEGURANÇA

DEPGEOTUR
DEPARTAMENTO
DE GEOGRAFIA
E TURISMO



1 2 9 0
FACULDADE DE LETRAS
UNIVERSIDADE DE
COIMBRA



UNIVERSIDADE
CABO VERDE
uni



fct
FACULDADE DE
CIÊNCIAS E
TECNOLOGIA



AEREHS

As AEREHS - Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo delimitadas com base na Equação Universal de Perda do Solo (EUPS) revista*:

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

- A - Estimativa da erosão específica do solo;
 - R - o fator de erosividade da precipitação;
 - K - fator relativo à erodibilidade do solo;
 - **LS - Fator Topográfico: exprime a importância relativa do atrito de uma superfície através da relação entre o comprimento do escoamento desorganizado numa vertente (L) e o seu declive (S);**
 - C - fator relativo ao tipo de ocupação do solo;
 - P - fator antrópico.
- O fator determinante, responsável pelas maiores diferenças numa determinada zona, é o LS (Panagos et al, 2015) e aquele em que os dados LiDAR podem ser uma mais valia.

* Desmet & Govers (1996) e Renard *et al.* (1991)



RISCOS
ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA
DE RISCOS, PREVENÇÃO
E SEGURANÇA

DEPGEOTUR
DEPARTAMENTO
DE GEOGRAFIA
E TURISMO



1 2 9 0
FACULDADE DE LETRAS
UNIVERSIDADE DE
COIMBRA



UNIVERSIDADE
CABO VERDE

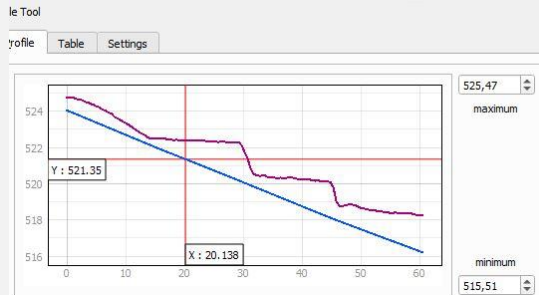
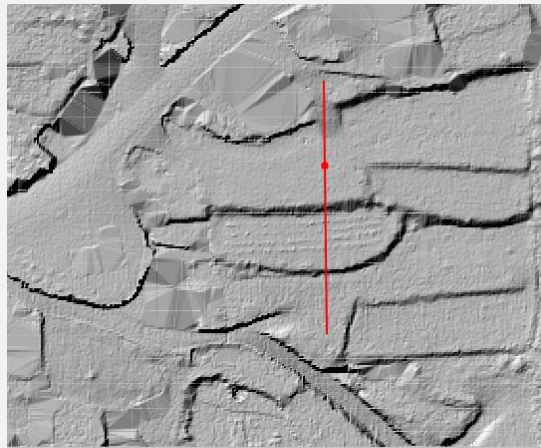


fct
FACULDADE DE
CIÊNCIAS E
TECNOLOGIA



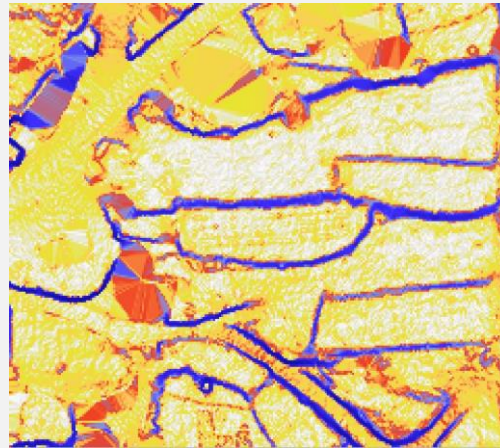
Exemplos: Declives

MDT 50 cm



Perfil roxo: MDT 50 cm
Perfil azul: MDT 10 m

Declives – MDT 50 cm



Seq. de cores:



Declives – MDT 10 m



O LiDAR contribui para uma melhor definição do relevo em geral, dos declives e da rede hidrográfica, aumentando a qualidade e detalhe das AEREHS.



RISCOS
ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA
DE RISCOS, PREVENÇÃO
E SEGURANÇA

DEPGEOTUR
DEPARTAMENTO
DE GEOGRAFIA
E TURISMO



1 2 9 0
FACULDADE DE LETRAS
UNIVERSIDADE DE COIMBRA



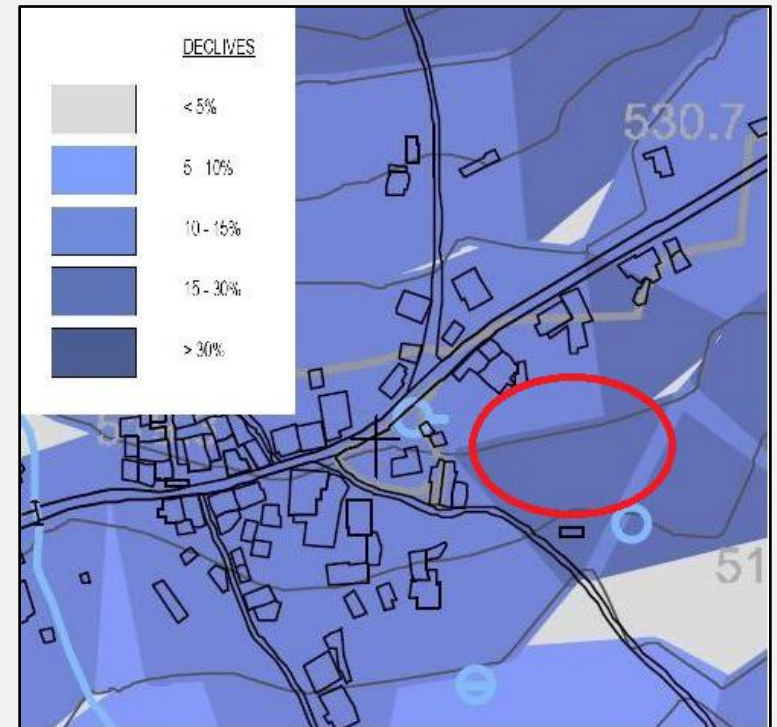
UNIVERSIDADE
CABO VERDE



fct
FACULDADE DE
CIÊNCIAS E
TECNOLOGIA



Exemplos: Declives



Fonte de ortofoto e cartografia do PDM: <https://sig.cm-fundao.pt/>



RISCOS
ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA
DE RISCOS, PREVENÇÃO
E SEGURANÇA

DEPGEOTUR
DEPARTAMENTO
DE GEOGRAFIA
E TURISMO



1 2 9 0
FACULDADE DE LETRAS
UNIVERSIDADE DE
COIMBRA



UNIVERSIDADE
CABO VERDE
uni



fct
FACULDADE DE
CIÊNCIAS E
TECNOLOGIA



ci.dl.t



INSTITUTO NACIONAL DE
PROTEÇÃO CIVIL

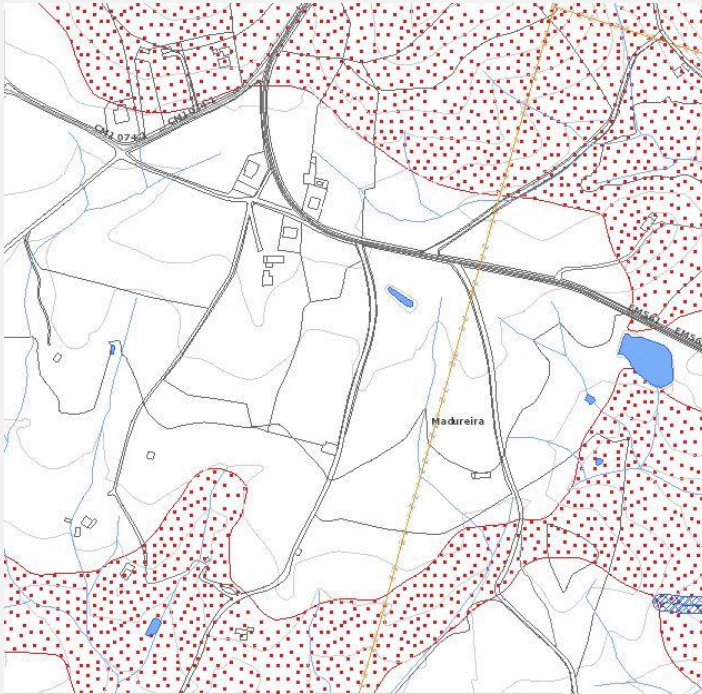


ENB
ESCOLA NACIONAL DE
BOMBEIROS

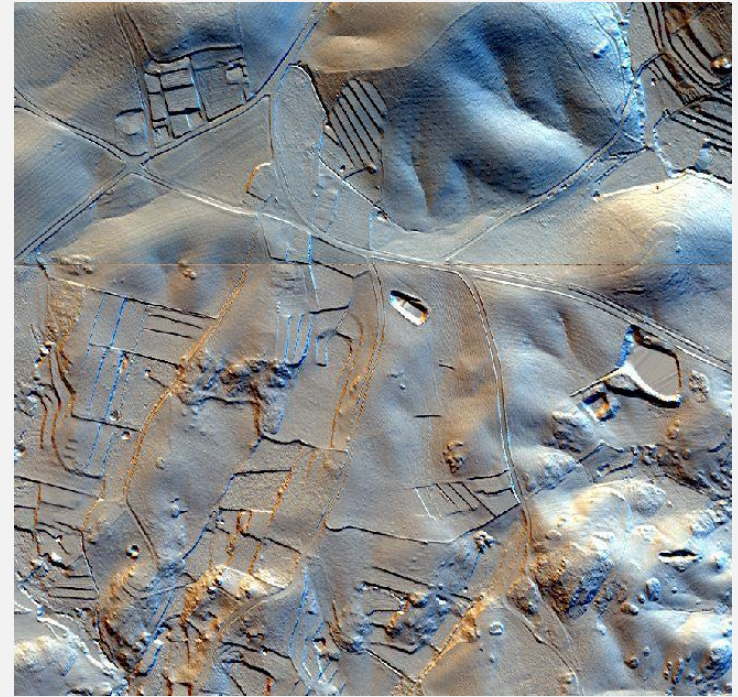


INSTITUTO NACIONAL DE
GESTÃO DA EMERGÊNCIA

Exemplos: AEREHS



AEREHS (trama de pontos vermelhos)



MDT com base em dados LiDAR
(espaçamento = 2 m)

Fonte da cartografia do PDM: <https://sig.cm-fundao.pt/>



RISCOS
ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA
DE RISCOS, PREVENÇÃO
E SEGURANÇA

DEPGEOTUR
DEPARTAMENTO
DE GEOGRAFIA
E TURISMO



1 2 9 0
FACULDADE DE LETRAS
UNIVERSIDADE DE
COIMBRA



UNIVERSIDADE
CABO VERDE
uni



fct
FACULDADE DE
CIÊNCIAS E
TECNOLOGIA



ci.dl.t



INSTITUTO NACIONAL DE
EMERGÊNCIA E PROTEÇÃO CIVIL



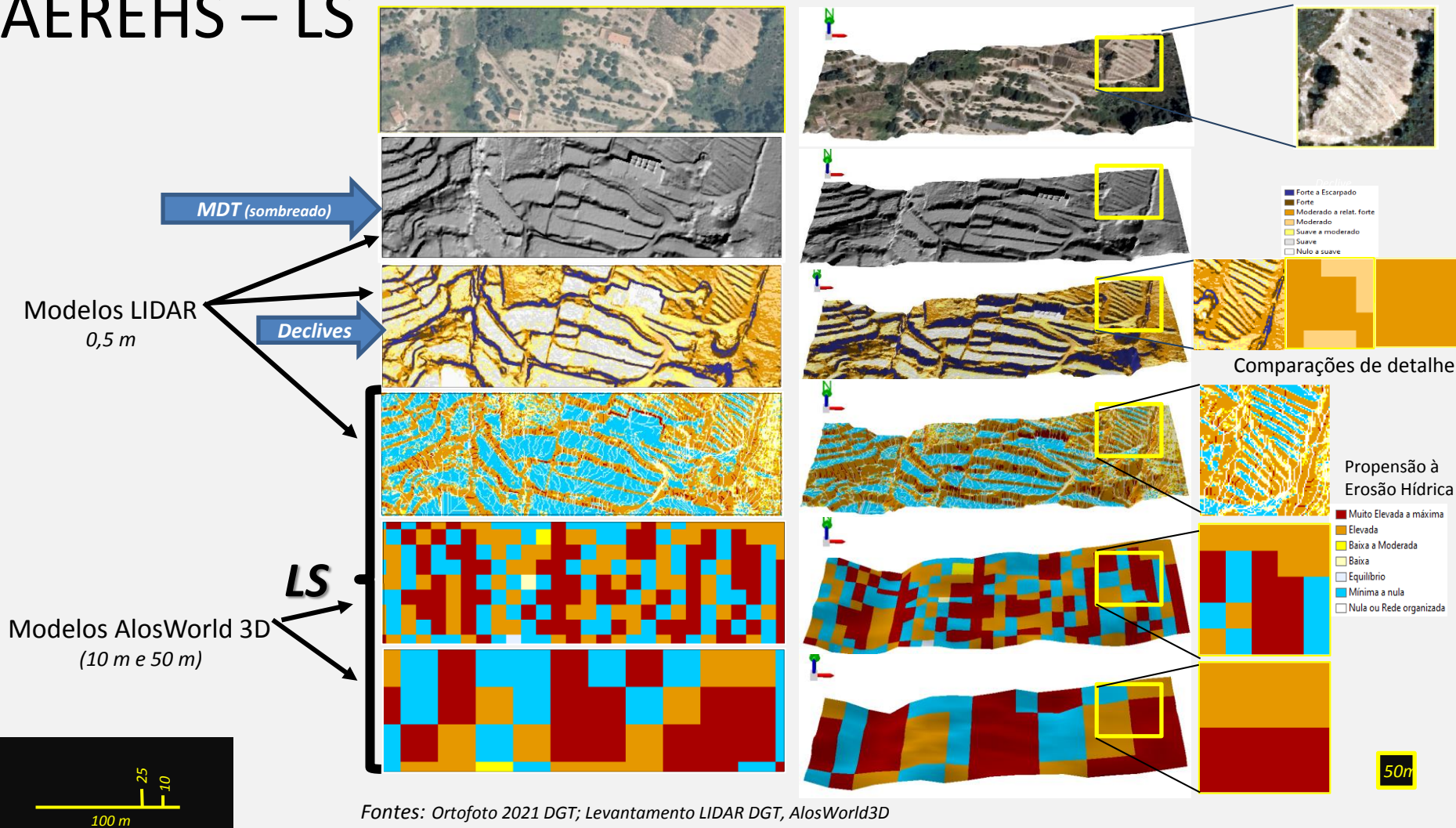
ENB
ESCOLA NACIONAL DE
BOMBEIROS



PROTEÇÃO CIVIL

Exemplos: AEREHS – LS

Comparação de resultados com modelos
de domínio público de baixa e média resolução



RISCOS
ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA
DE RISCOS, PREVENÇÃO
E SEGURANÇA

DEPGEOTUR
DEPARTAMENTO
DE GEOGRAFIA
E TURISMO

1 2 9 0
FACULDADE DE LETRAS
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

UNIVERSIDADE
CABO VERDE
uni

fct
FACULDADE DE
CIÊNCIAS E
TECNOLOGIA

ci.dl.t



ENB
ESCOLA NACIONAL DE
BOMBEIROS



Conclusões

- Vantagens dos dados LiDAR:
 - Dados superabundantes;
 - Permitem melhores resolução e exatidão dos objetos REN derivados;
 - Possibilidade de manutenção dos dados atualizados para grandes áreas (região/país);
- Assim, os levantamentos LiDAR usados para delimitação da REN e das AEREHS:
 - Fornecem dados mais detalhados e exatos (ex.: MDT, MDS, declives, exposições);
 - Substituem dados anteriormente recolhidos usando diferentes técnicas/contextos;
 - Permitem incorporar dados de natureza nova e com potencial para a utilização de novas metodologias de exploração de dados (ex.: nuvem de pontos).
 - Constituem um novo paradigma nos processos de delimitação e identificação das AEREHS.
- Dificuldades:
 - Necessitam-se grandes capacidades de processamento e de armazenamento;
 - Envolve processos de edição e verificação exigentes.



RISCOS
ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA
DE RISCOS, PREVENÇÃO
E SEGURANÇA

DEPGEOTUR
DEPARTAMENTO
DE GEOGRAFIA
E TURISMO



1 2 9 0
FACULDADE DE LETRAS
UNIVERSIDADE DE
COIMBRA



UNIVERSIDADE
CABO VERDE
uni



fct
FACULDADE DE
CIÊNCIAS E
TECNOLOGIA



ENB
ESCOLA NACIONAL DE
BOMBEIROS



Referências

- Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo (CCDR-LVT) (2015) Guia Metodológico para a Delimitação da Reserva Ecológica Nacional - Região de Lisboa e Vale do Tejo. Direção de Serviços de Ordenamento do Território, CCDR-LVT, julho de 2015. https://www.ccdr-lvt.pt/wp-content/uploads/2022/02/Manual-REN_Guia-Metodologico.pdf
- Desmet, P. & Govers, G. (1996) A GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units. *Journal of Soil and Water Conservation*, 51 (5), 427-433.
- Panagos, P., Borrelli, P., Meusburger, K., (2015) A New European Slope Length and Steepness Factor (LS-Factor) for Modelling Soil Erosion by Water. *Geosciences*, 5(2), 117–126. doi:10.3390/geosciences5020117.
- Renard K., Foster G., Weesies A., Porter, J. (1991) RUSLE Revised universal soil loss equation. *Journal of Soil and Water Conservation*. Soil and Water Conservation Society, 46(1): 30-33.
- Zhu, L. (2023) Increasing spatial data accuracy in Finland using Artificial Intelligence. Webinar "Use of modern technologies and Ai for increased accuracy and quality of data", organização da Eurogeographics, 2023-02-23. Organizado com participação remota.
- Zhu, L.; Raninen, J. e Hattula, E. (2023) How the National Land Survey of Finland is exploring AI technology - The ATMU project explained. *GIM International*, 27 de fevereiro de 2023.



RISCOS
ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA
DE RISCOS, PREVENÇÃO
E SEGURANÇA

DEPGEOTUR
DEPARTAMENTO
DE GEOGRAFIA
E TURISMO



1 2 9 0
FACULDADE DE LETRAS
UNIVERSIDADE DE
COIMBRA



UNIVERSIDADE
CABO VERDE
uni



fct
FACULDADE DE
CIÊNCIAS E
TECNOLOGIA



ci . di . t



INSTITUTO NACIONAL
DE ESTATÍSTICA



ENB
ESCOLA NACIONAL DE
BOMBEIROS



INS
INSTITUTO NACIONAL
DE SAÚDE

Dados LiDAR na delimitação de Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo

Obrigado

- Contactos:

Rui Pereira Reis

rui.reis@dgterritorio.pt

António Alves da Silva

aalves@dgterritorio.pt



RISCOS
ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA
DE RISCOS, PREVENÇÃO
E SEGURANÇA

DEPGEOTUR
DEPARTAMENTO
DE GEOGRAFIA
E TURISMO



1290
FACULDADE DE LETRAS
UNIVERSIDADE DE
COIMBRA



UNIVERSIDADE
CABO VERDE



fct
FACULDADE DE
CIÊNCIAS E
TECNOLOGIA



EMB
ESCOLA NACIONAL DE
BOMBEIROS

