

MACASTAB



# Monitorização de Taludes Novas Abordagens

## Workshop

Instabilidades de Encostas e Taludes de Natureza Vulcânica na  
Macaronésia

# Objetivo

Definição de uma **metodologia** específica de monitorização de taludes rochosos pela **conjugação** de técnicas de **aquisição** de informação geográfica por forma a calcular **movimentos de massa**

**Laser Scanner Terrestre (LST)**

+

**Fotogrametria de Proximidade**

(Veículos Aéreos não Tripulados – VANT)

# Introdução

- Com encostas de **vertentes acentuadas** associadas a fenómenos naturais de **intensidade extrema**, as encostas da ilha da Madeira são favoráveis a situações de **risco**
- Quando se encontram em **zonas sensíveis** onde colocam em risco **pessoas e infraestruturas** é necessário proceder à sua **monitorização regular**

## Talude de Estudo – Complexo Balnear do Lido

Decorrente de **várias visitas** realizadas ao Complexo Balnear do Lido e dos diversos **contactos mantidos** com a gestão do espaço, verificou-se existirem elementos suficientes para concluir que um dos taludes rochosos de suporte existente no complexo encontrava-se **fragilizado**.

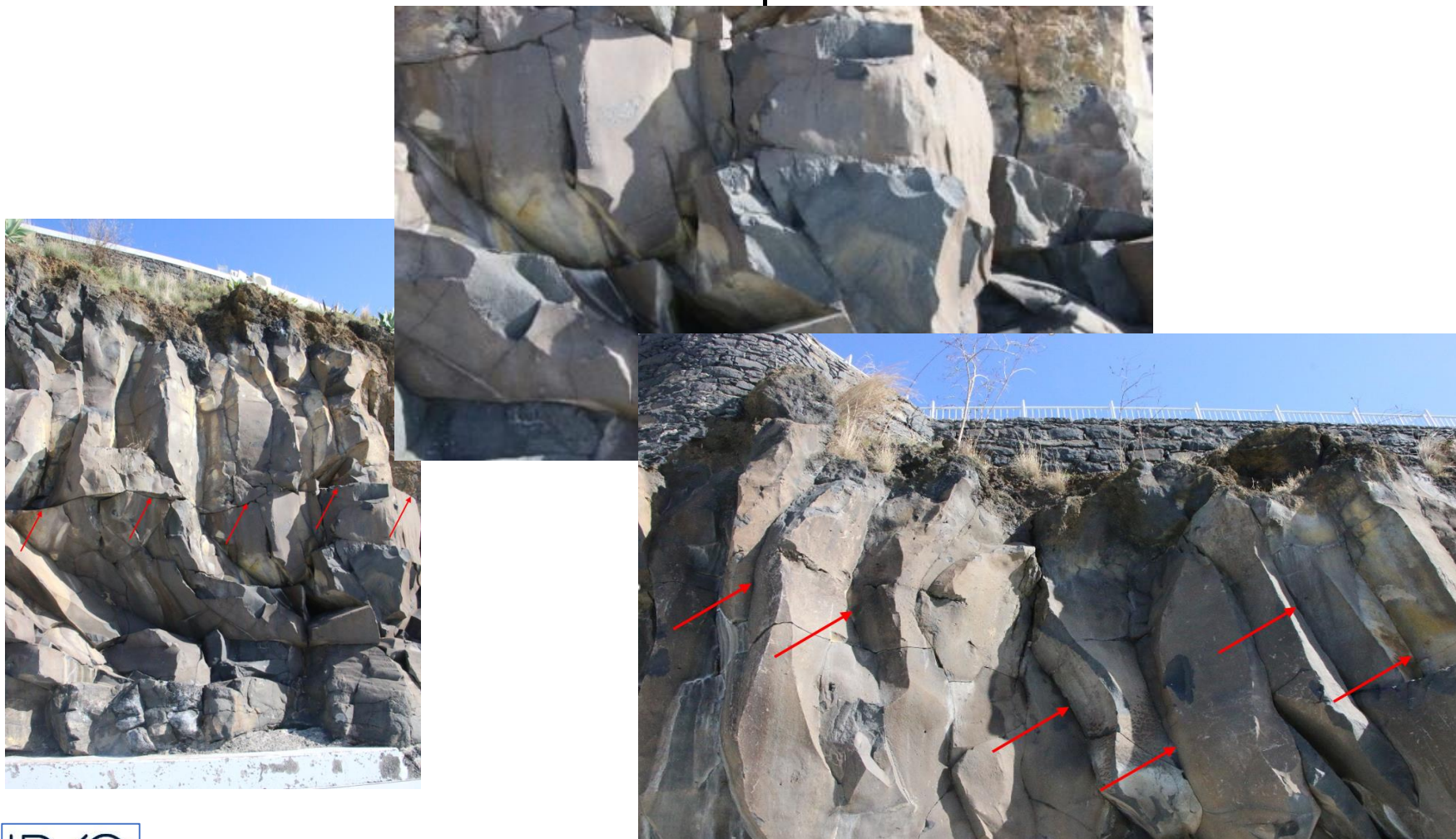
Nesse pressuposto, tornou-se necessário proceder à **monitorização** do talude através da **comparação entre épocas distintas**

# Talude de Estudo – Complexo Balnear do Lido





# Talude de Estudo – Complexo Balnear do Lido



# Técnicas de Monitorização

## Técnicas Clássicas de Topografia/GNSS



## Inspeção Visual



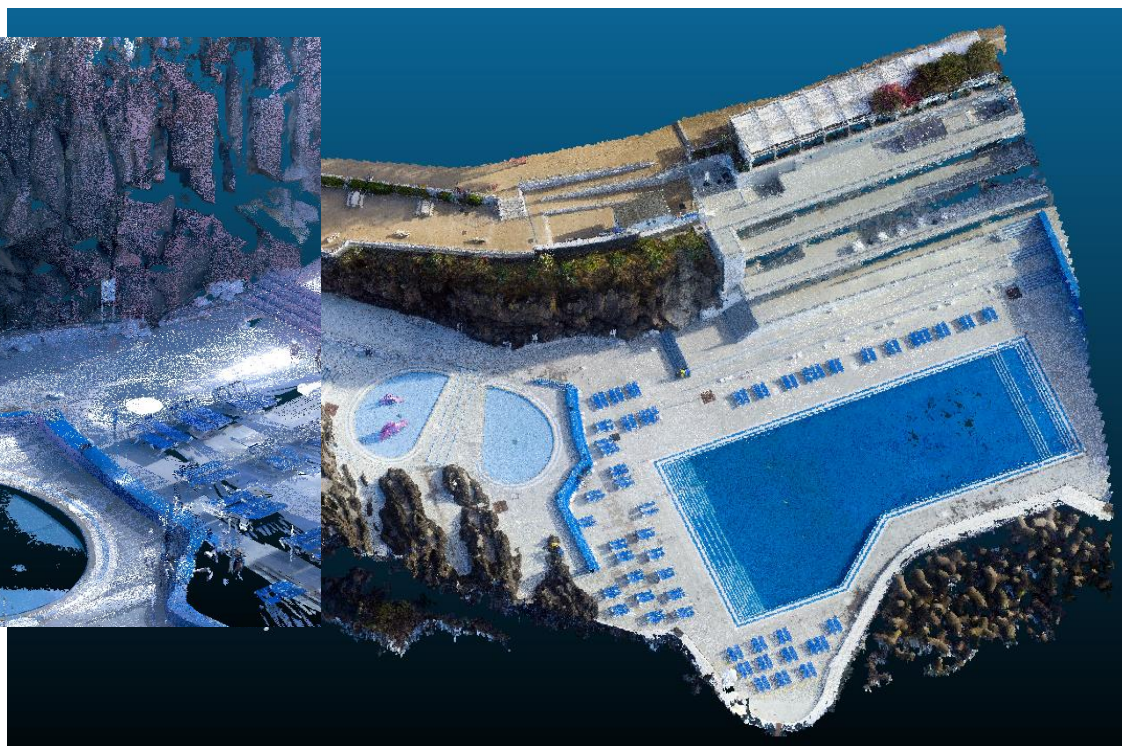


# Técnicas de Monitorização

Laser Scanner Terrestre



Veículo Aéreo não Tripulado (Drone)





# Metodologia de Observação – Campanha de Teste

A **campanha de teste** visava testar, recorrendo à **manipulação estrutural** do objeto de estudo, as **capacidades e limitações** dos equipamentos e técnicas a adotar, através da simulação da existência de deslizamentos de vários **volumes colocados artificialmente** sobre o talude rochoso e verificar a possibilidade de **identificar e quantificar** essas alterações.









## Geometria de Observação

Os taludes rochosos, por natureza, são caracterizados por possuírem “**faces**” **irregulares** com diferentes geometrias que se desenvolvem a diferentes altitudes. Esse facto implica que dependendo do local onde se está a **observar o talude** possam ser criadas **zonas de sombra** na nuvem de pontos gerada, onde não é possível caracterizar corretamente o elemento pela **não captação da informação**. O talude rochoso pode, em grande parte, **obstruir-se a si próprio**.



Programação cuidada dos locais de observação



# Geometria de Observação

- Foram realizados 2 conjuntos de varrimentos com LST com 7 estações cada
- Foram realizados 4 Voos, 2 verticais e 2 oblíquos

Tecnologia	Nuvem	Original (Milhões)	Reduzida (Milhões)	Segmentada (Milhões)
LST	Varrimento 1	93	44	3.5
	Varrimento 2	34	9	2.3
VANT (Obliquo)	Varrimento 1	9	2.3	1.6
	Varrimento 2	8	1.6	1.3

# Registo das Nuvens de Pontos

CloudCompare v2.9.1 [64-bit] - [3D View 2]

File Edit Tools Display Plugins 3D Views Help

DB Tree

- Campanha Teste Sem Blocos\_Unificado\_Reduzido.clone
- Campanha Teste Com Blocos\_Unificado\_Reduzido\_2.d...

Properties

Point-pair

show 'to align' cloud

r = 20,000 RMS < 10%

	X	Y	Z	Error
A11	-7.41986	-2.09707	-0.90821	
A12	-7.41086	-2.12807	-1.36221	
A13	-12.5789	-1.48107	0.18179	
A14	-12.6399	-1.03407	0.15179	
A15	-12.6229	-1.08207	-0.62121	

show 'reference' cloud

X	Y	Z	Error

adjust scale

Rotation XYZ  Tx  Ty  Tz

auto update zoom

align reset

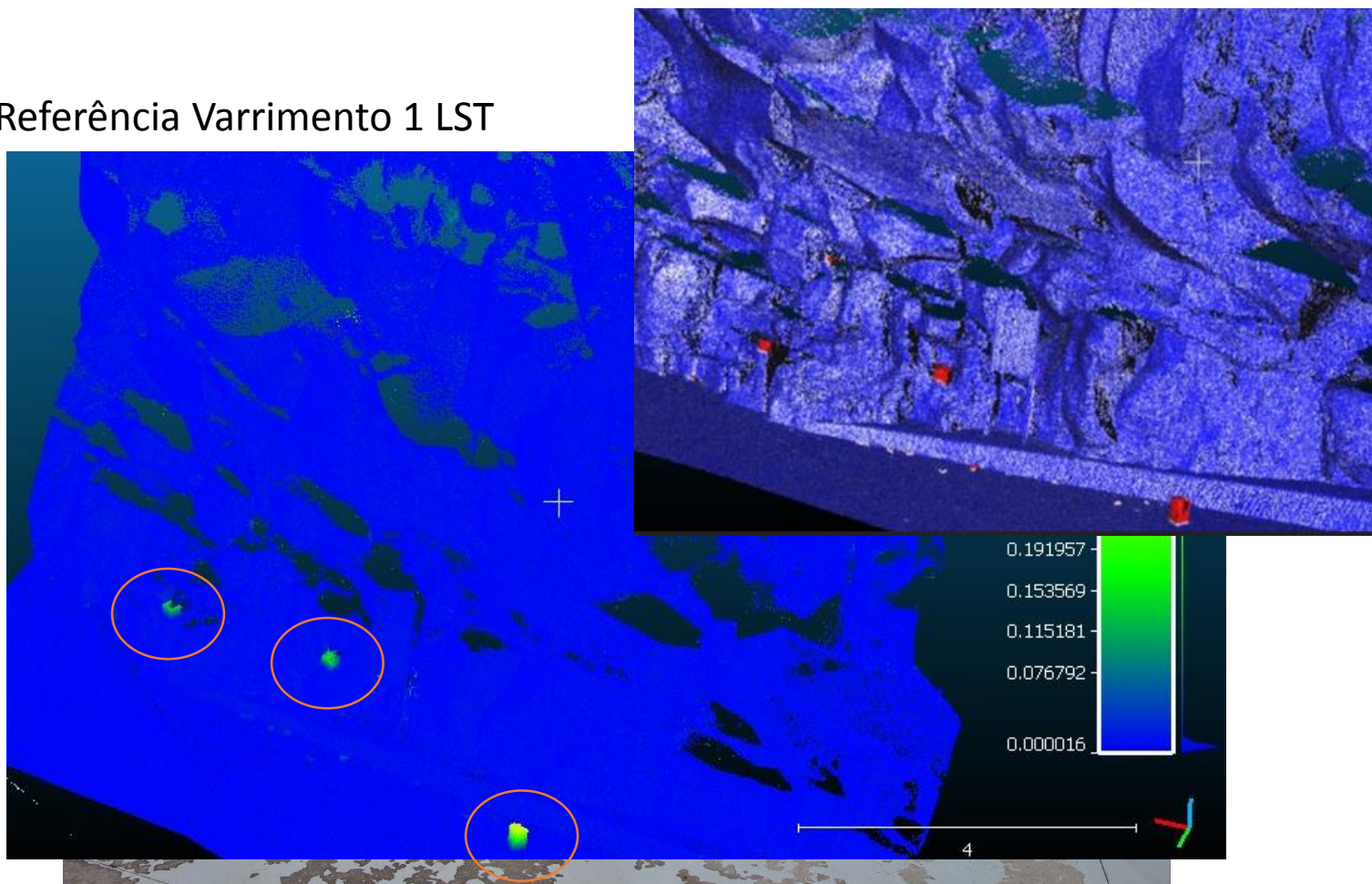
Pick equivalent points on both clouds (at least 3 pairs - mind the order)  
(you can add points 'manually' if necessary)

Console

```
[12:05:03] [3D View 2] GL filters available
[12:05:04] [3D View 2] Color ramp shader loaded successfully
[12:05:04] [3D View 2] Stereo mode: not supported
[12:05:04] [ccGLWindow] 3D view initialized
```

# ComparaçãO entre as Nuvens de Pontos

- 1º - Referência Varrimento 1 LST





# ComparaçãO entre as Nuvens de Pontos

- 2º - Referência Varrimento 2 LST



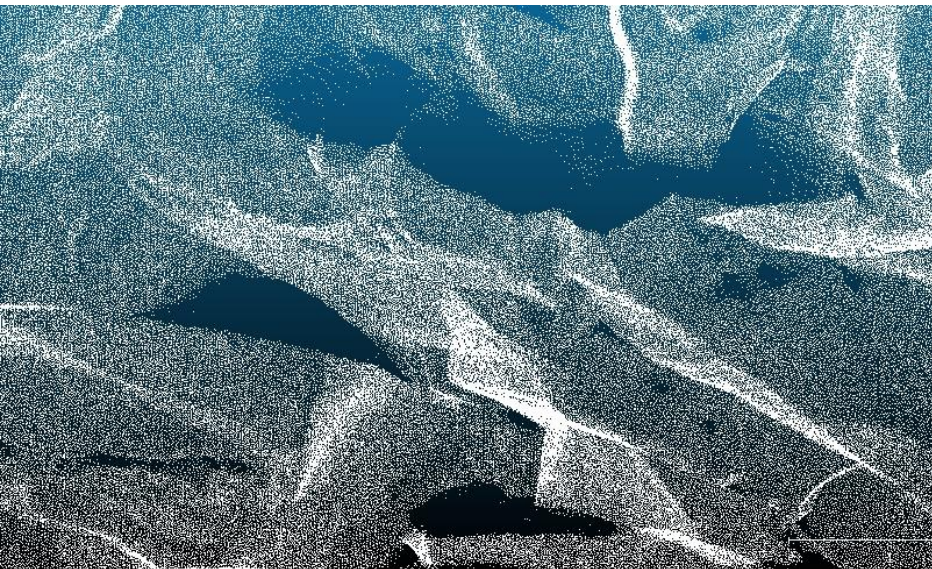
# Comparação entre as Nuvens de Pontos

- Verificou-se que se a nuvem de pontos de referência contém informação mas a nuvem de comparação não capta informação após a movimentação apresentando uma zona oca, não se consegue calcular a distância entre as nuvens de pontos sendo o resultado uma zona sem qualquer informação
- A comparação realizada apresenta somente valores para **distâncias absolutas**
- Assim, a **comparação** entre nuvens de pontos em que, uma delas, ou ambas, possuam **zonas ocas**, condiciona os resultados. Torna-se essencial utilizar nuvens de pontos **completas** tanto como referência como de comparação
- Realizando as comparações alternando as nuvens de referência obtém-se todas situações de movimento de massa, contudo, não se trata da situação ideal de comparação

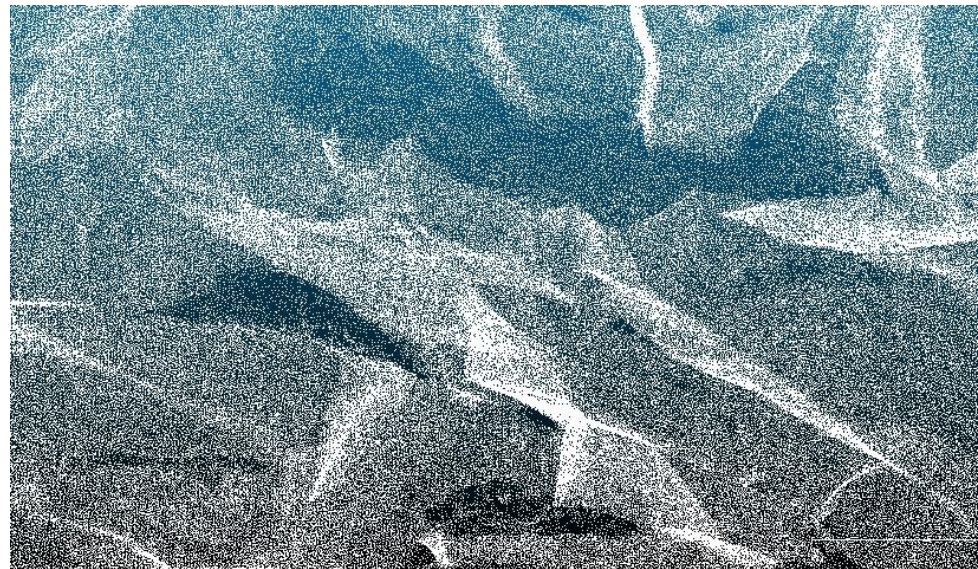


# ComparaçãO entre as Nuvens de Pontos

Nuvem de pontos LST



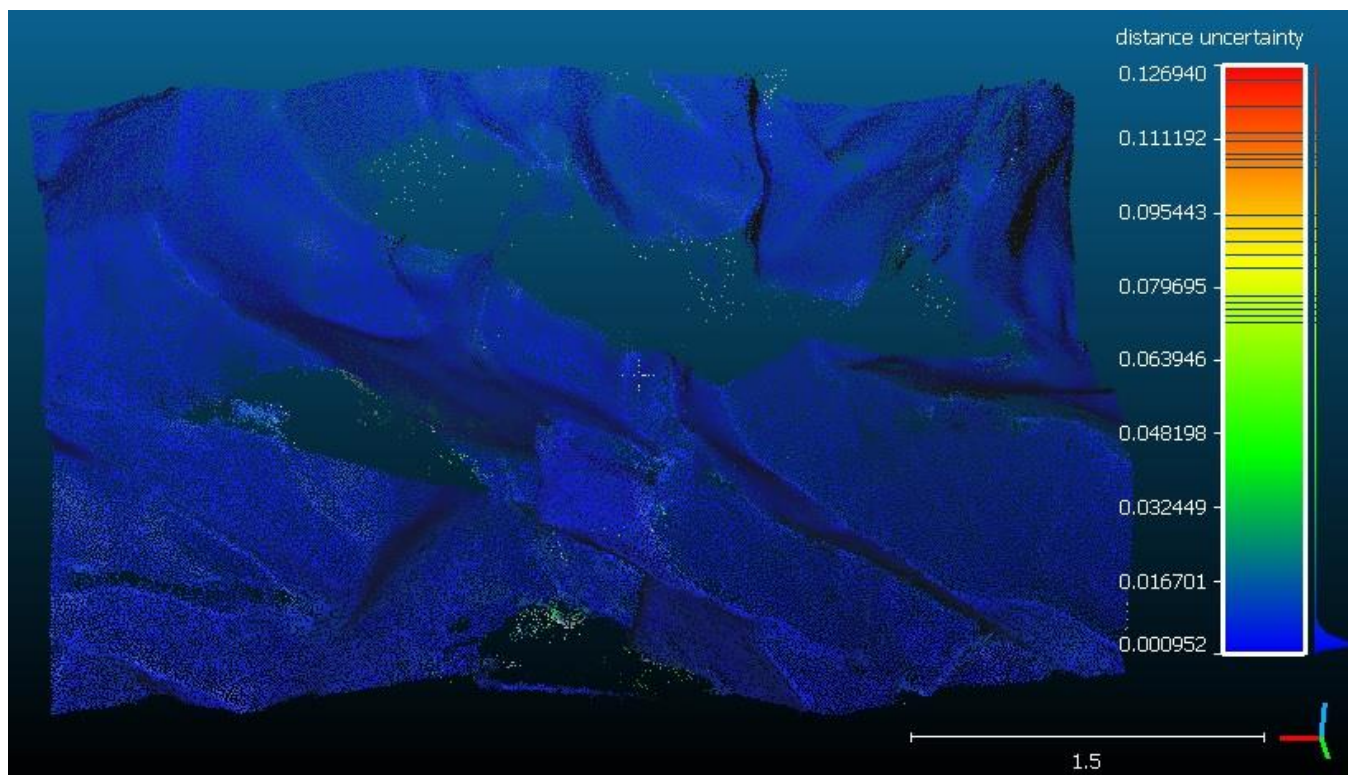
Nuvem de pontos LST completada pelo VANT





# ComparaçãO entre as Nuvens de Pontos

- 3º - Referência Varrimento 1 LST comparada com conjugação LST e VANT



# Conclusões

- A utilização de LST e VANT para **monitorização taludes rochosos**, são de grande **utilidade**.
- A geração de **modelos 3D** pormenorizados e rigorosos oriundos destas duas técnicas permitem a **caraterização exata** do elemento e acompanhar a sua **evolução espaço temporal**.
- É necessário uma **programação minuciosa das campanhas** com LST e VANT por forma a minimizar as zonas com ausência de informação
- É aconselhável, sempre que possível, o uso de **pontos de controlo** no terreno que permitam eliminar grande parte das incertezas no tratamento da informação
- A nuvem de pontos 3D obtida a partir da utilização de **fotografia aérea vertical** mostrou não ser adequada para a caraterização da face do talude rochoso pela **recolha diminuta de informação**, sendo adequado a utilização de **imagens oblíquas**.
- Limitações de processamento dos dados de nuvens de pontos **muito densas**
- **O algoritmo M3C2** apresentou resultados mais completos



# Obrigado

MACASTAB



# Monitorização de Taludes Novas Abordagens

## Workshop

Instabilidades de Encostas e Taludes de Natureza Vulcânica na  
Macaronésia