

Utilização de dados InSAR para estudos de subsidência em áreas urbanas

João Catalão

IDL, Faculdade Ciências, Universidade de Lisboa

A Deteção Remota como um instrumento de gestão e apoio à decisão

13 de Março 2012

Enquadramento

Avaliação de Riscos Naturais e Tecnológicos na Cidade de Lisboa



Instabilidade de Vertentes:
Estudo da estabilidade vertical da
cidade de Lisboa

Financiado por:



UNIÃO EUROPEIA

Fundo Europeu de
Desenvolvimento Regional



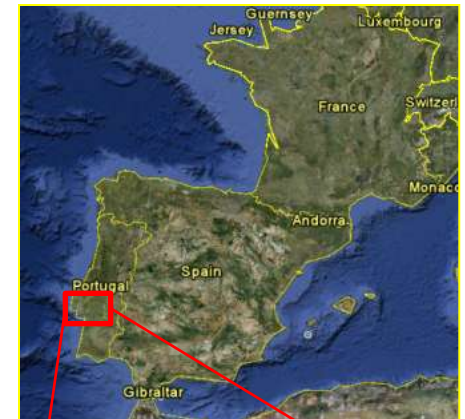
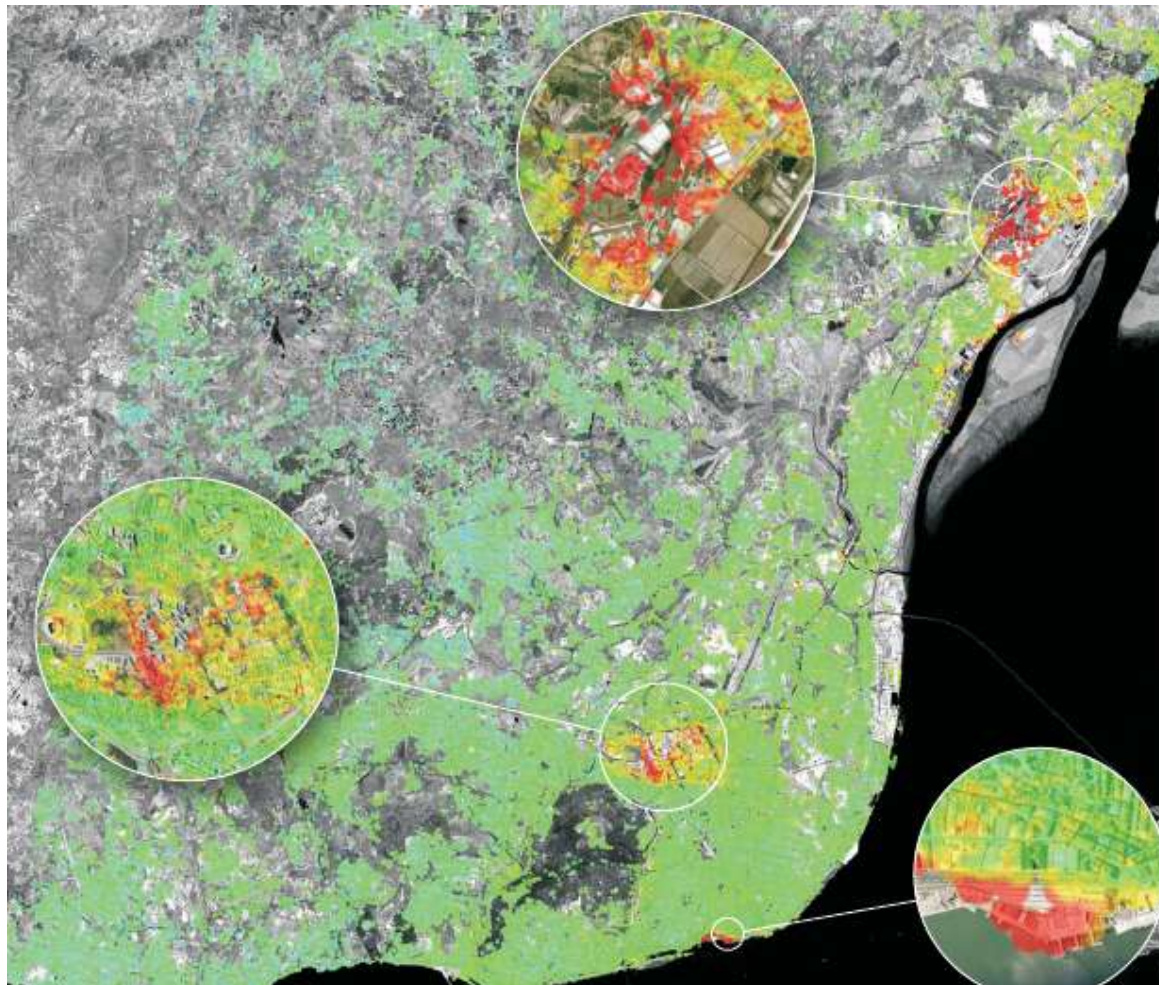
*Methodologies for assessing landslide hazard
and risk applied to municipal planning*

Financiado pela FCT – PTDC/GEO/68227/2006



Ordem dos Engenheiros
REGIÃO NORTE

Antecedentes



The Terrafirma Atlas (2009)



Objectivos

Efectuar um estudo da estabilidade vertical da área do concelho de Lisboa:

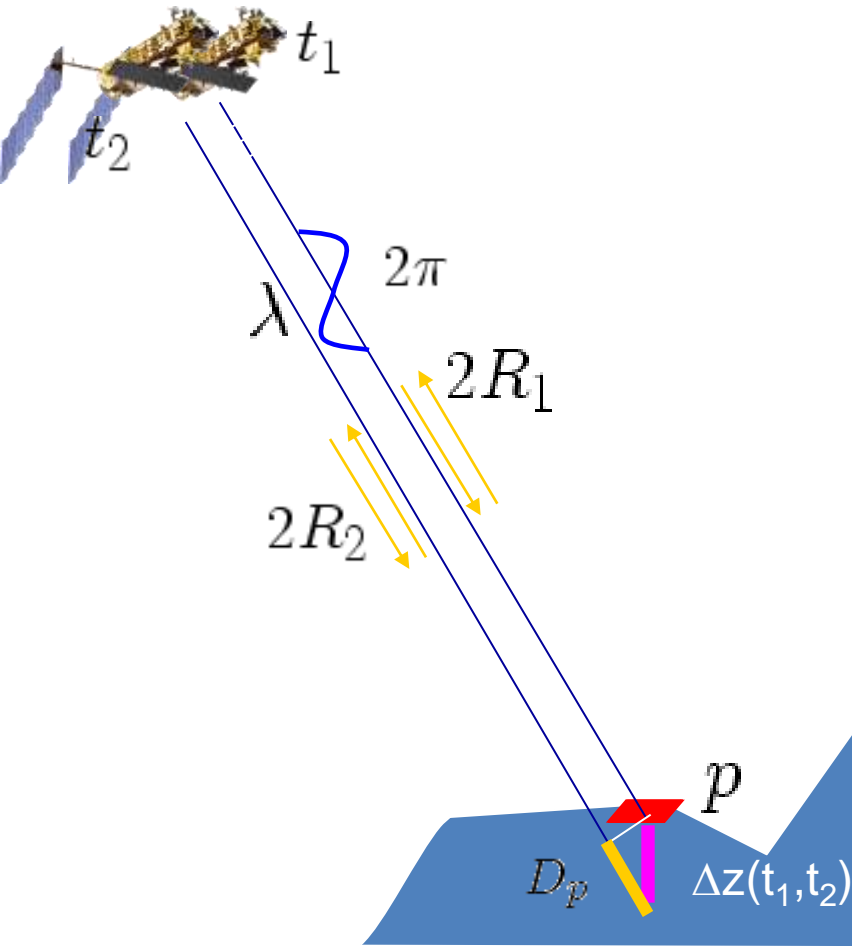
1. Produzindo um mapa de velocidades verticais.
2. Indicar as áreas susceptíveis de merecerem um programa de monitorização geodésico de maior resolução espacial e temporal.

Como foi realizado:

Interferometria SAR nos períodos 1995-2000, 2008-2010, 2010-2011

Instalada e observada uma rede de nivelamento geométrico na região de Sete-Rios - Entre Campos - Cidade Universitária - Largo da Luz.

Como funciona a interferometria SAR



$$\frac{2R_1}{\lambda} = \frac{\psi_1}{2\pi}$$

$$\psi_1 = -\frac{4\pi}{\lambda} R_1$$

$$\psi_2 = -\frac{4\pi}{\lambda} R_2$$

$$R_2 = R_1 + D_p$$

$$\phi_p = \psi_{1p} - \psi_{2p} = -\frac{4\pi(R_1 - R_2)}{\lambda} =$$

$$\phi_p = -\frac{4\pi}{\lambda} D_p$$



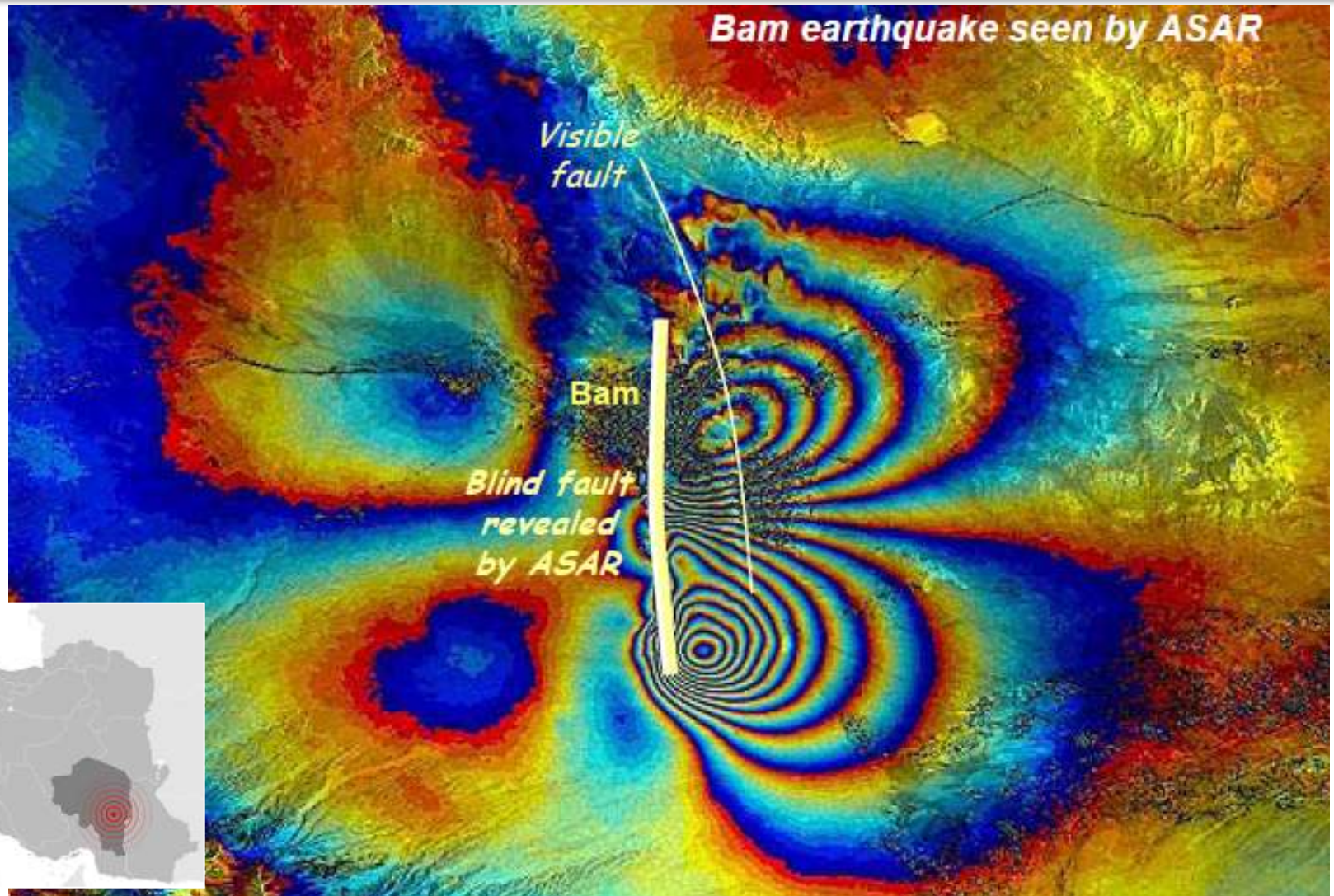
$$D_p = -\frac{\lambda}{2} \frac{\phi_p}{2\pi}$$

D_p = Deformação
na linha de vista
(LOS)

1 ciclo de deformação na linha de vista do satélite (LOS) é igual a metade do comprimento de onda

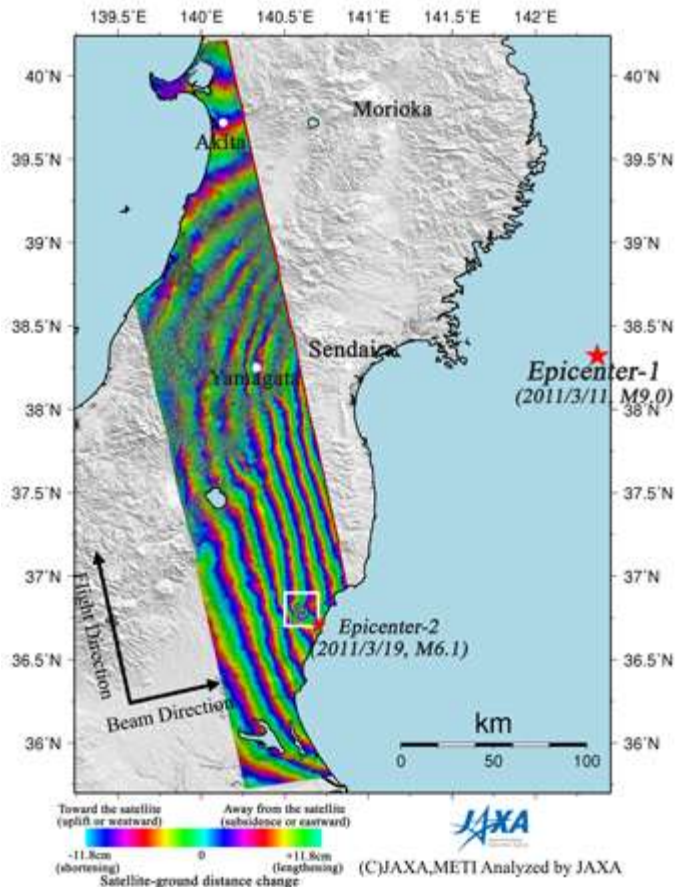


Deformação causada por um sismo



Deformação causada por um sismo

ALOS/PALSAR Observation Results of the Magnitude-9.0 Earthquake off the Pacific coast of Tohoku-Kanto District in Japan in 2011 (2)

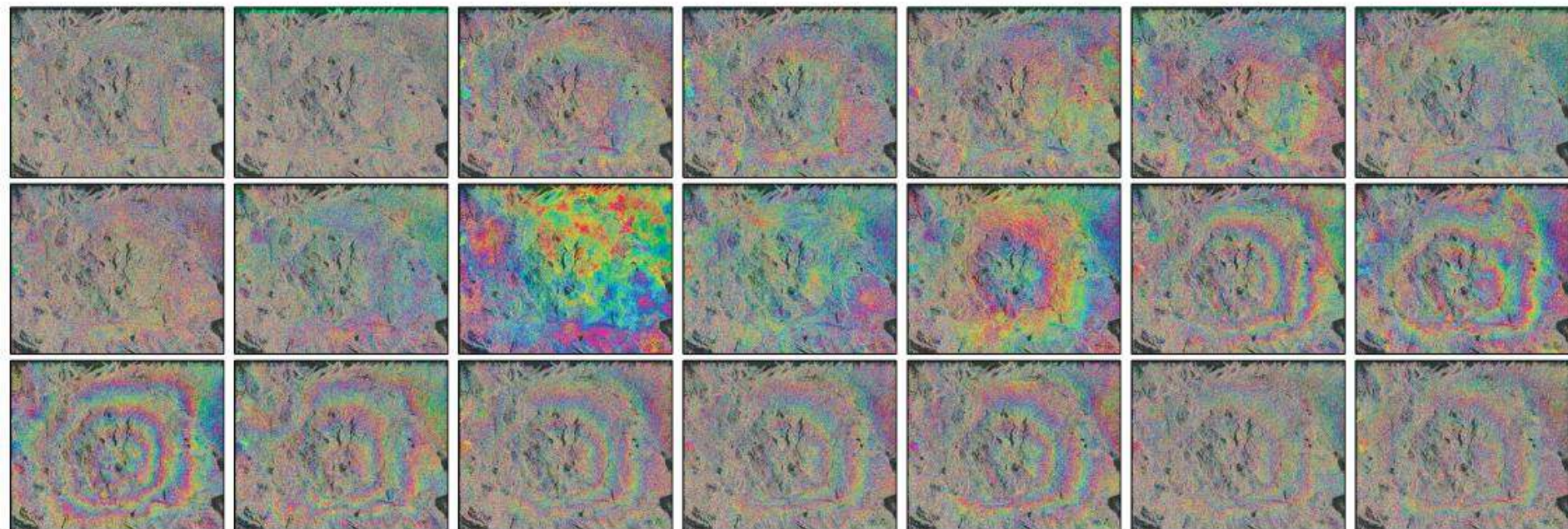


ALOS / PALSAR

On March 11, 2011 (UTC), a magnitude 9.0 huge earthquake occurred off the Pacific coast of Tohoku-Kanto district in Japan (38.32°N, 142.37°E, 32 km in depth;



Série temporal de interferogramas



Long Valley
Caldera



Com reduzida coerencia

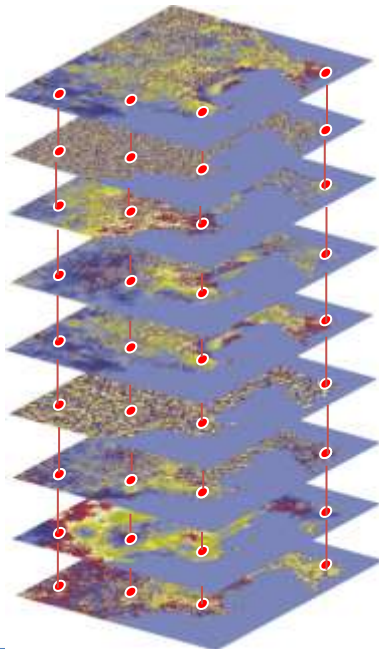


Decomposição da Fase

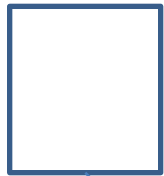
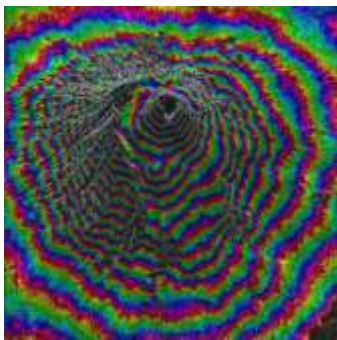
A deformação da superfície terrestre por interferometria SAR é dada por:

$$\phi_P = -\frac{4\pi}{\lambda} D_p + \phi_{topo} + \phi_{atmo} + \phi_{orb} + \phi_{ruído}$$

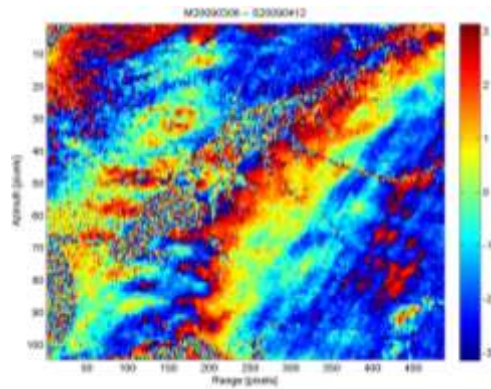
Persistent Scatterers



$$-\frac{\Delta q}{\sin\theta} \cdot \frac{B_n}{R_0} \cdot \frac{4\pi}{\lambda}$$

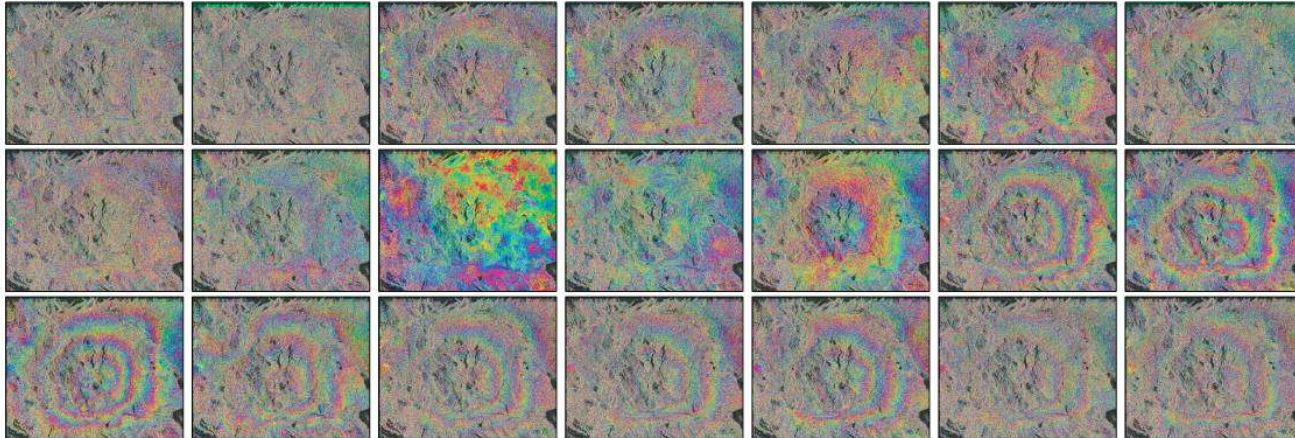


$$-\frac{4\pi}{\lambda} \frac{B_n s}{R \tan\theta}$$



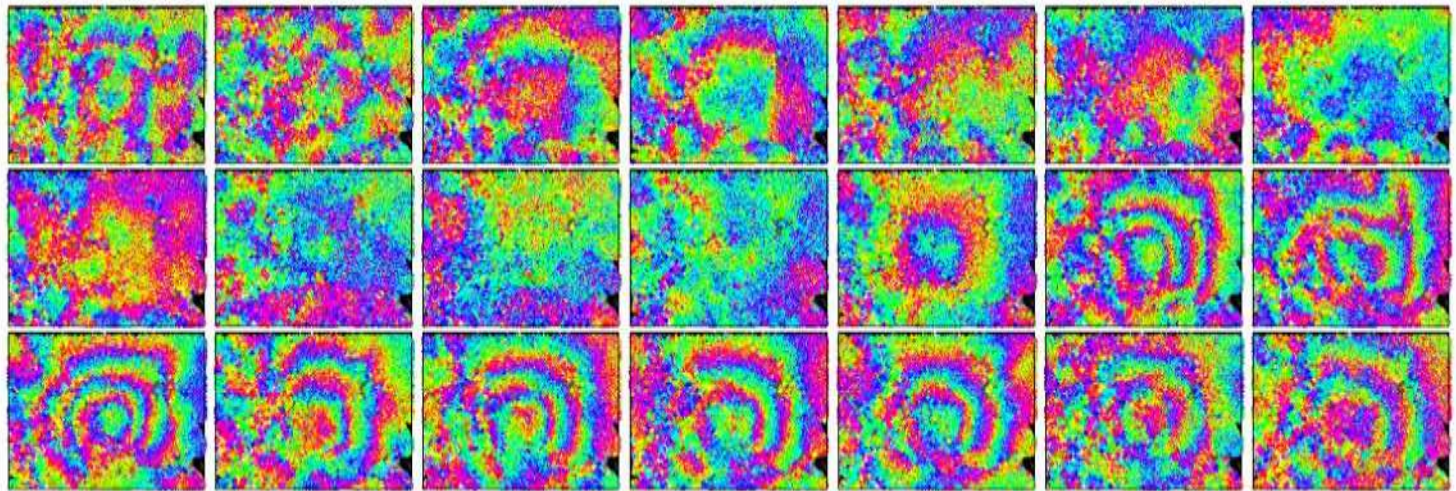
Série temporal de interferogramas

Sept.
1992



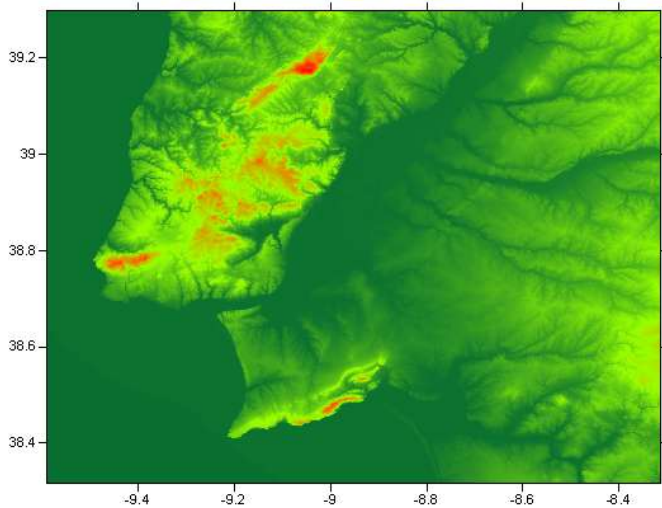
Aug.
2000

Persistent
Scatterers



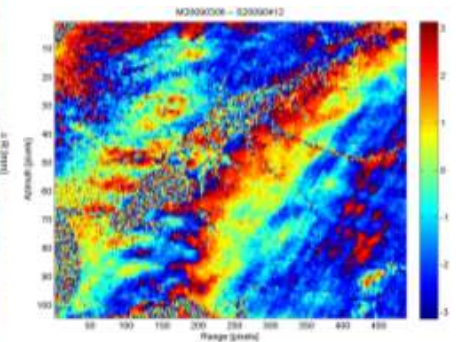
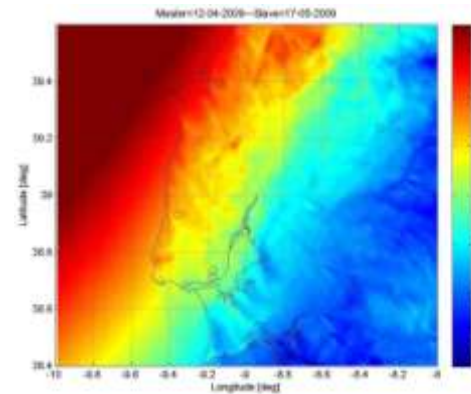
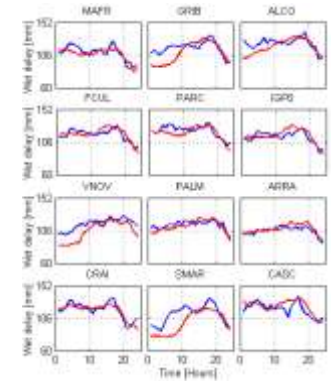
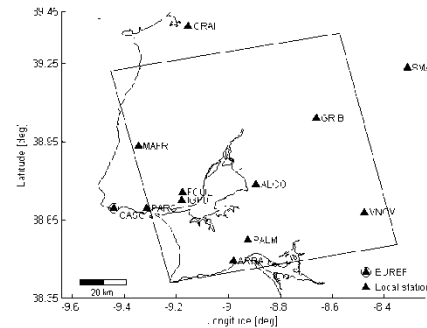
O que foi feito ...

Construído um MDT para a Estremadura com a resolução de 20m

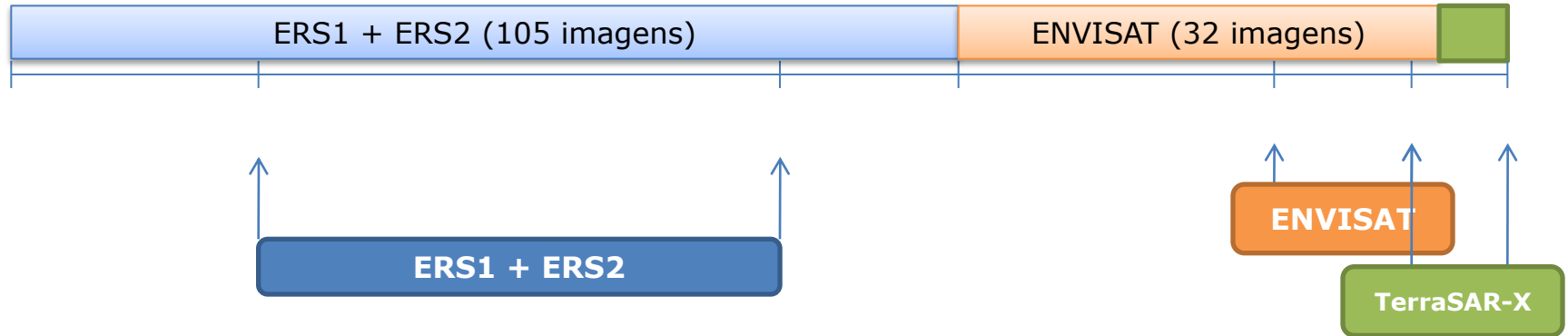


Órbitas precisas da Universidade de Delft (ERS) e da ESA (ENVISAT)

Cálculo do atraso troposférico

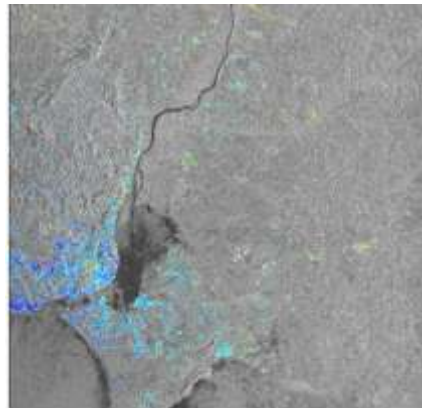


Imagens SAR (ERS + ENVISAT+TerraSAR-X)

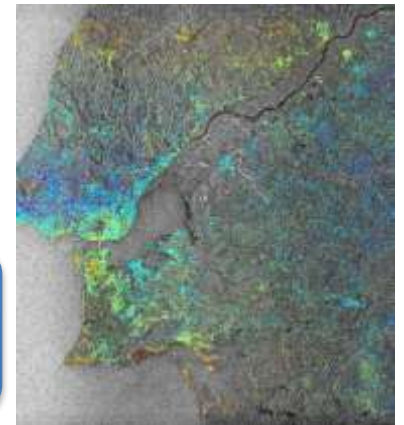


Condição: Continuidade temporal
(interrupção de dados nunca superior a 2 ciclos)

1995-2000
(46 imagens)



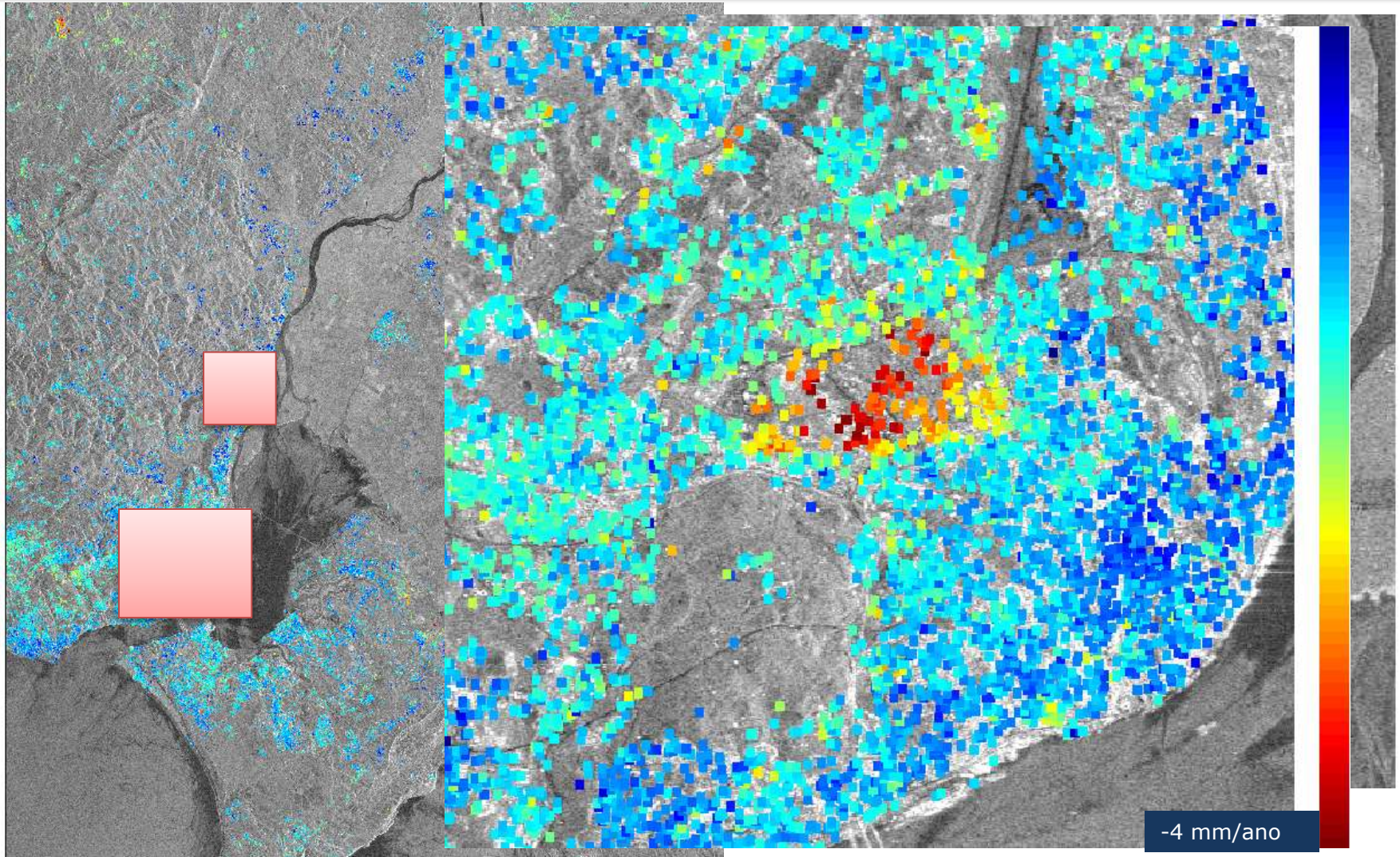
2008-2010
(19 imagens)



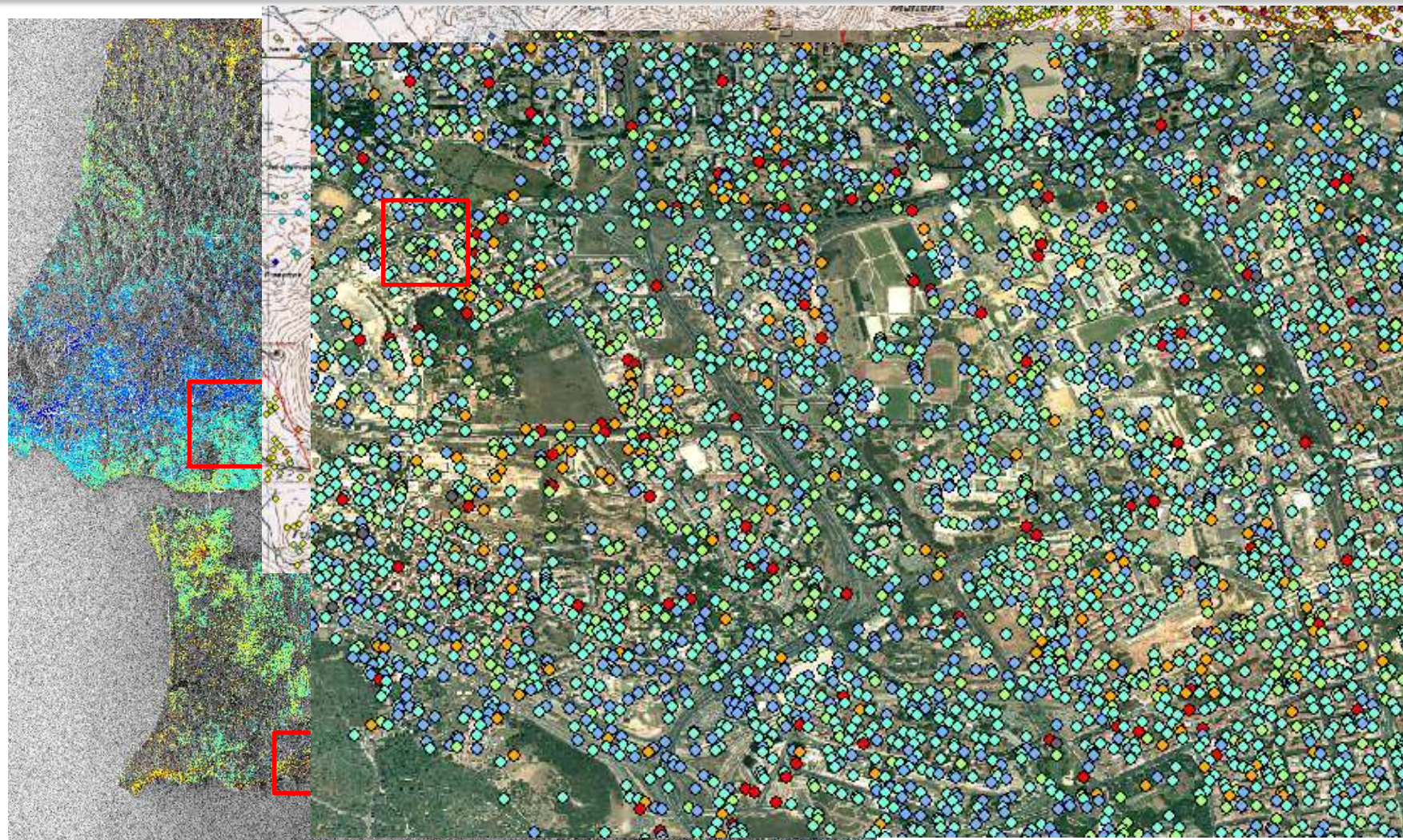
Projecto ESA CAT-1 n. 5763, "Landslide risk mapping in the Lisbon area, Portugal, by means of SAR interferometry"



Deformação 1995-2000



Deformação 2008-2010



Subsistencia Palma-EUL – TRX (2010-2011)



Subsidencia Palma-EUL



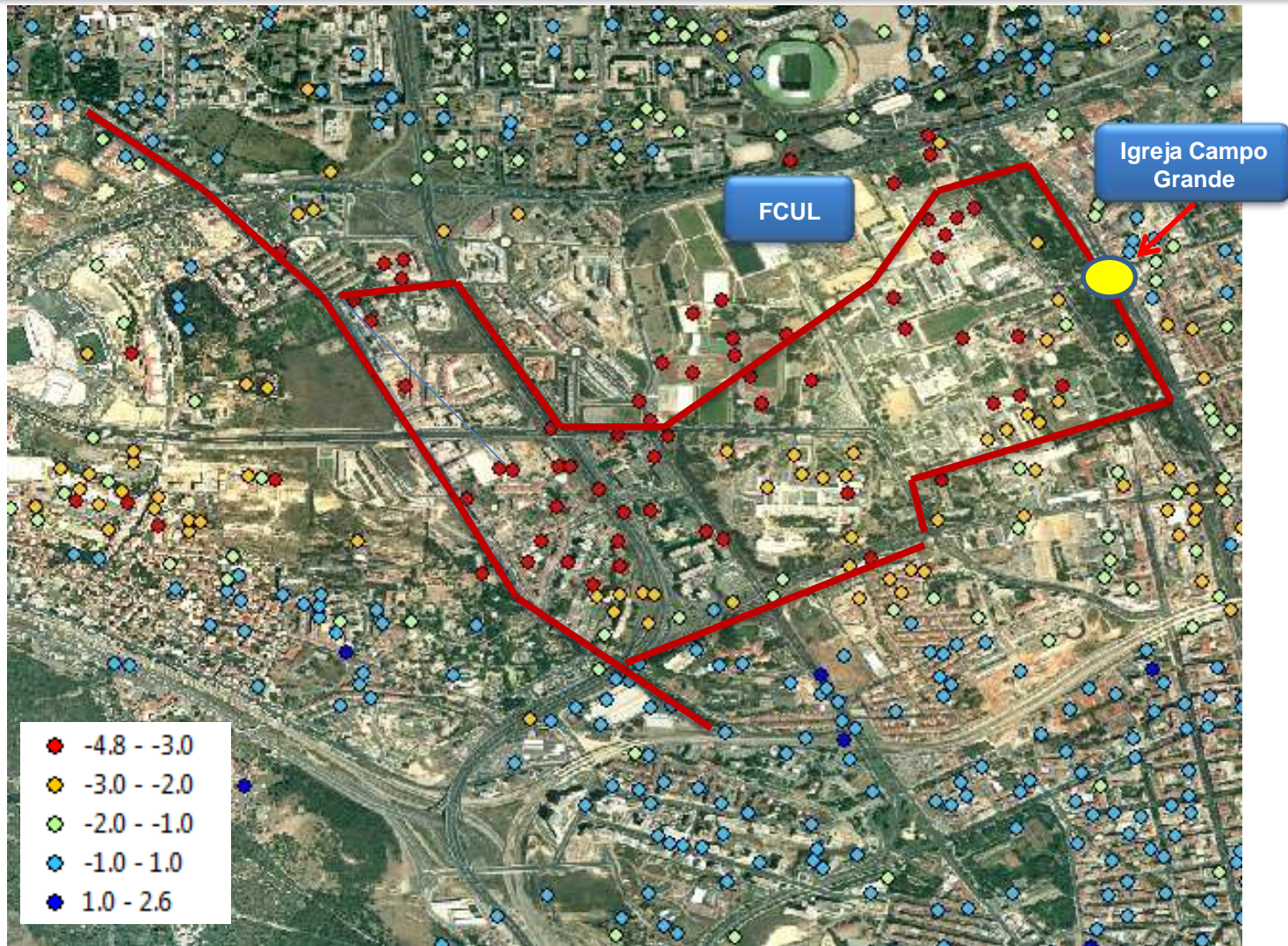
1995-2000

- -4.8 - -3.0
- -3.0 - -2.0
- -2.0 - -1.0
- -1.0 - 1.0
- 1.0 - 2.6

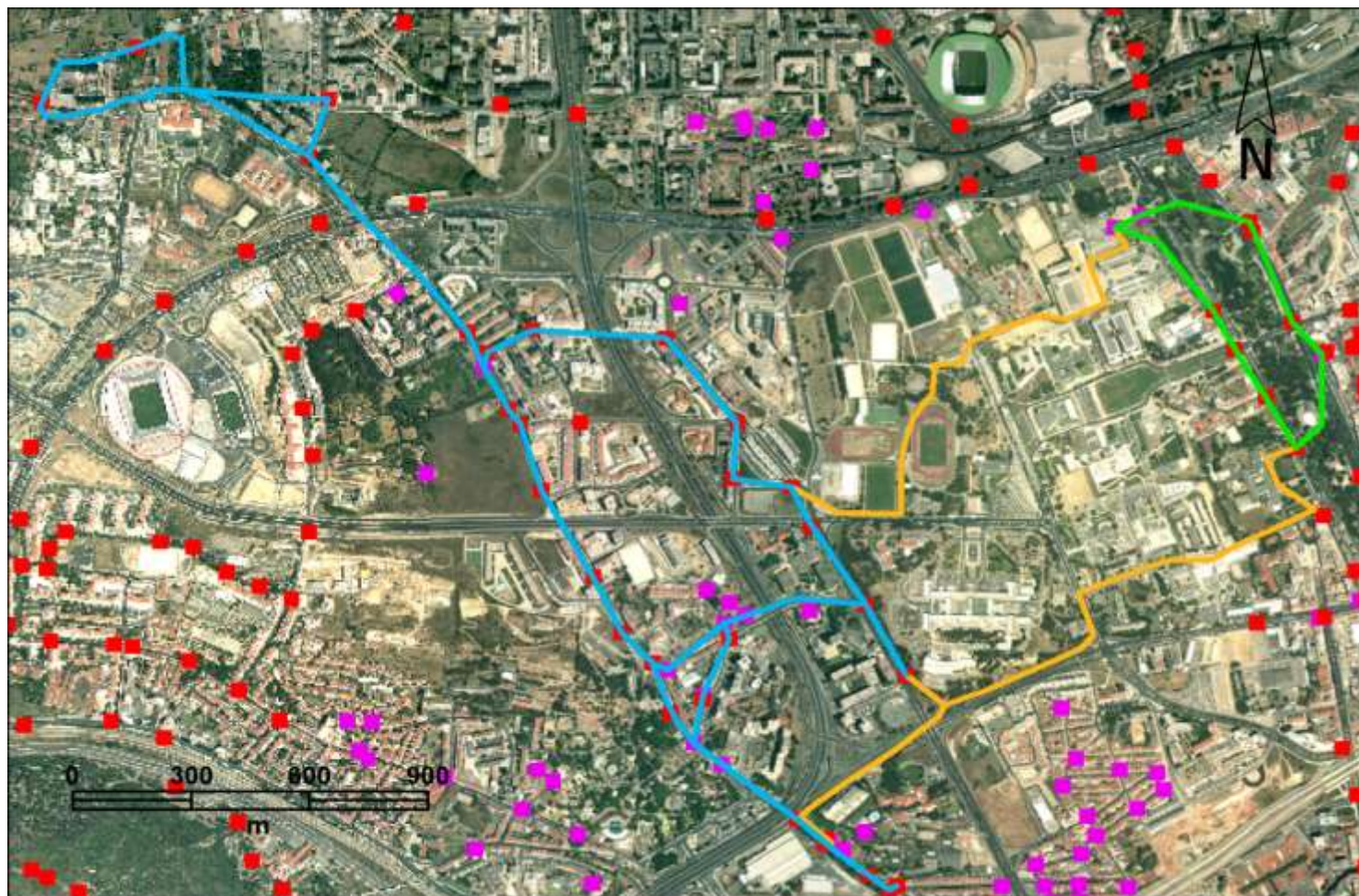
2008-2010



Linhas de nivelamento



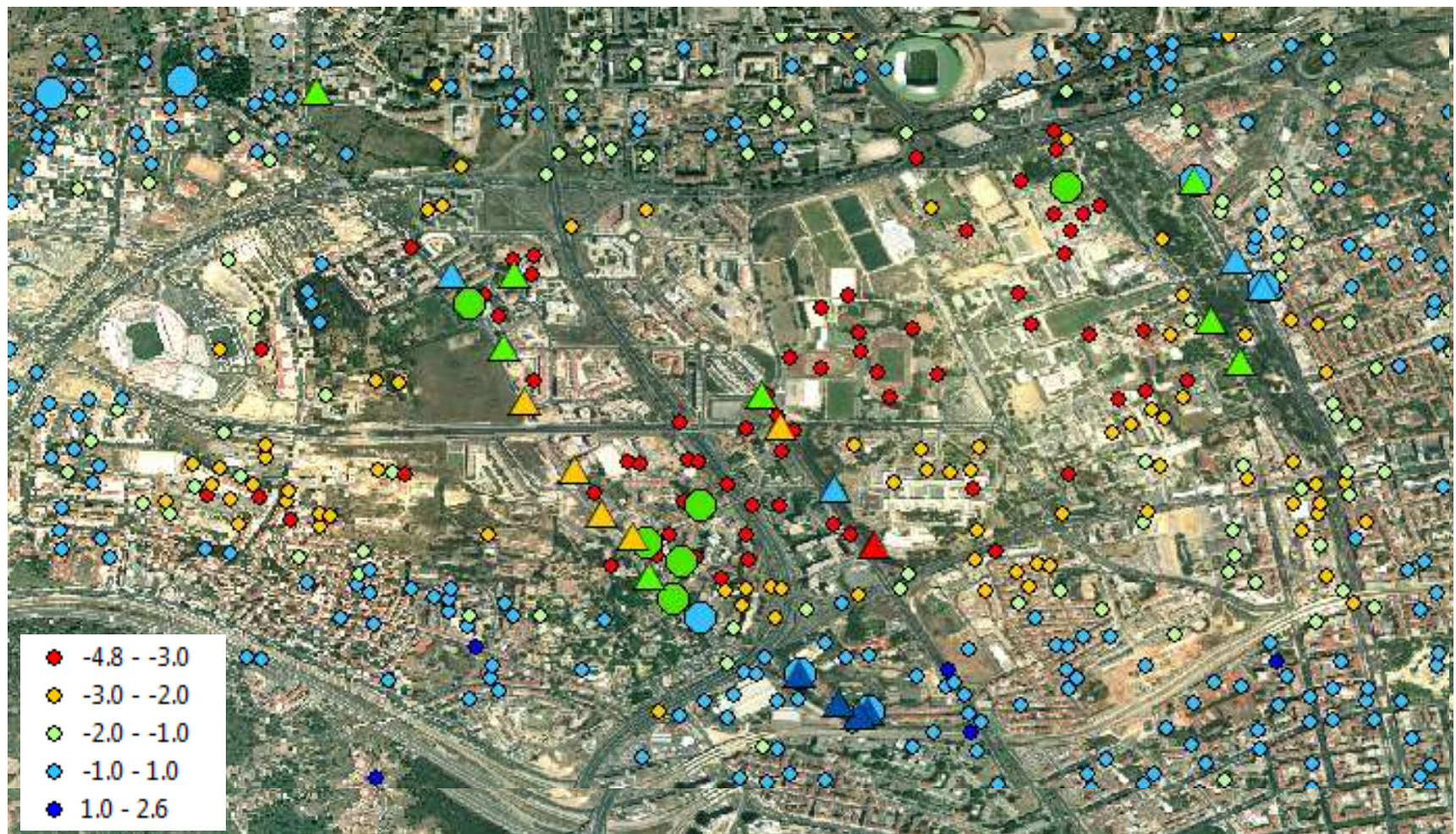
Linhas de Nivelamento



Rosa: marcas de 1976

Vermelho: marcas de 1996

Subsidência Palma-EUL

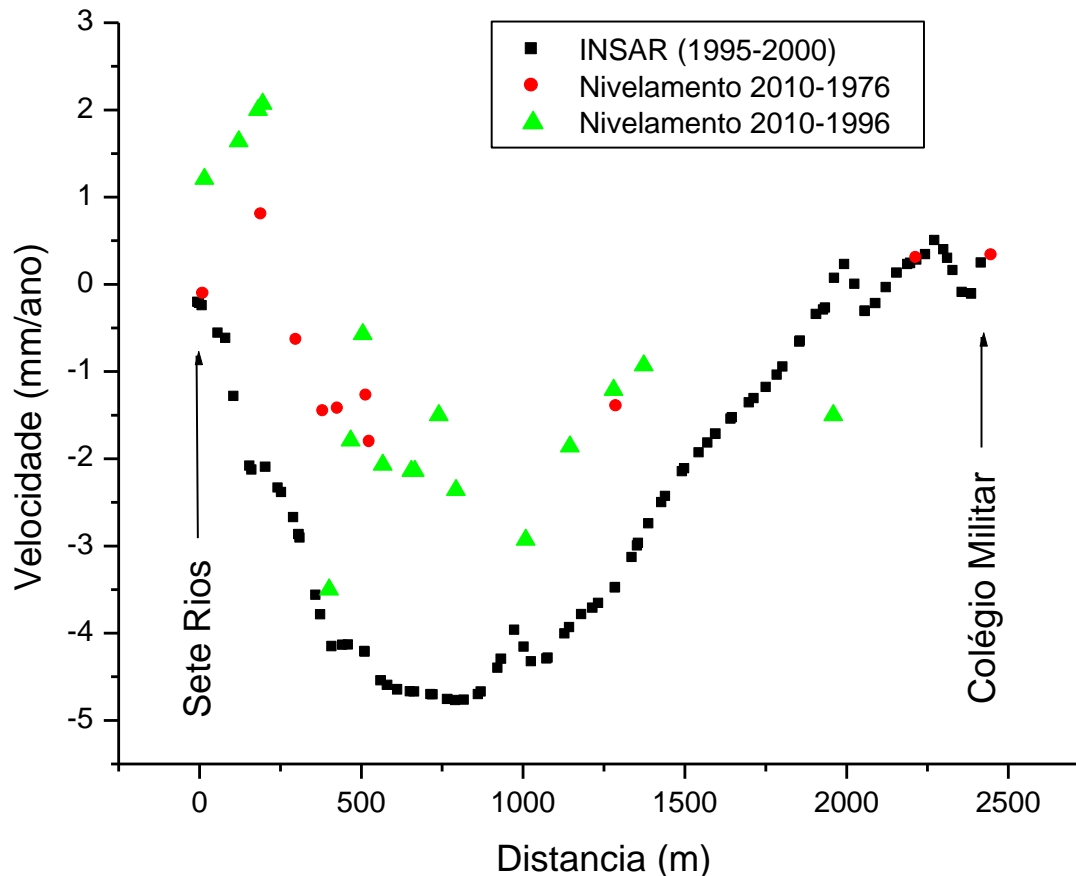


▲ 1996

● 1976



Subsidência Estrada das Laranjeiras

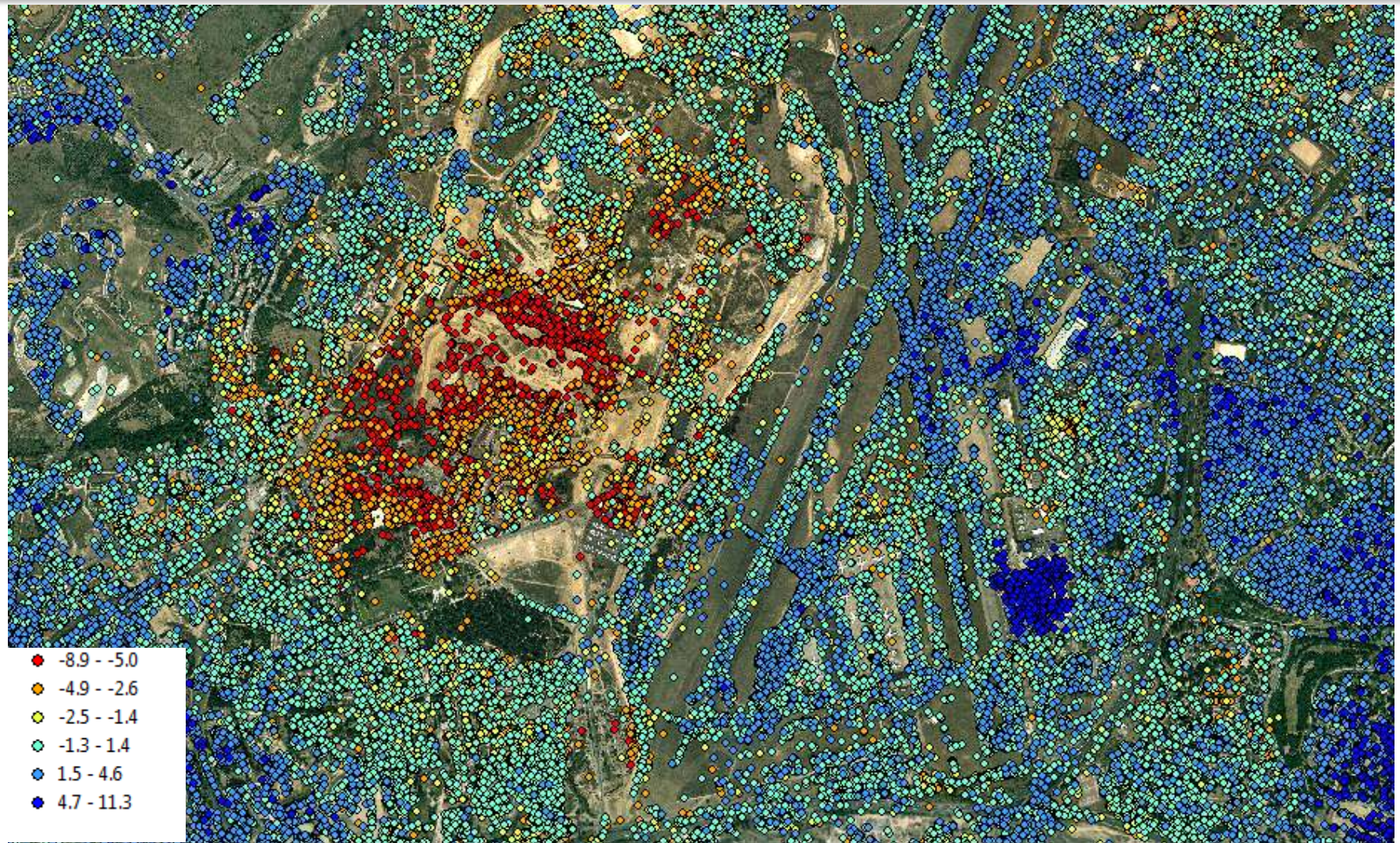


Velocidade média da deformação medida com INSAR e nivelamento geométrico. Velocidade em mm/ano.



Catalão, J, Giovanni Nico, Vasco Conde, 2011. Detection of ground subsidence in the city of Lisbon: comparison of InSAR and topographic measurements. IEEE Urban Remote Sensing Join Event .

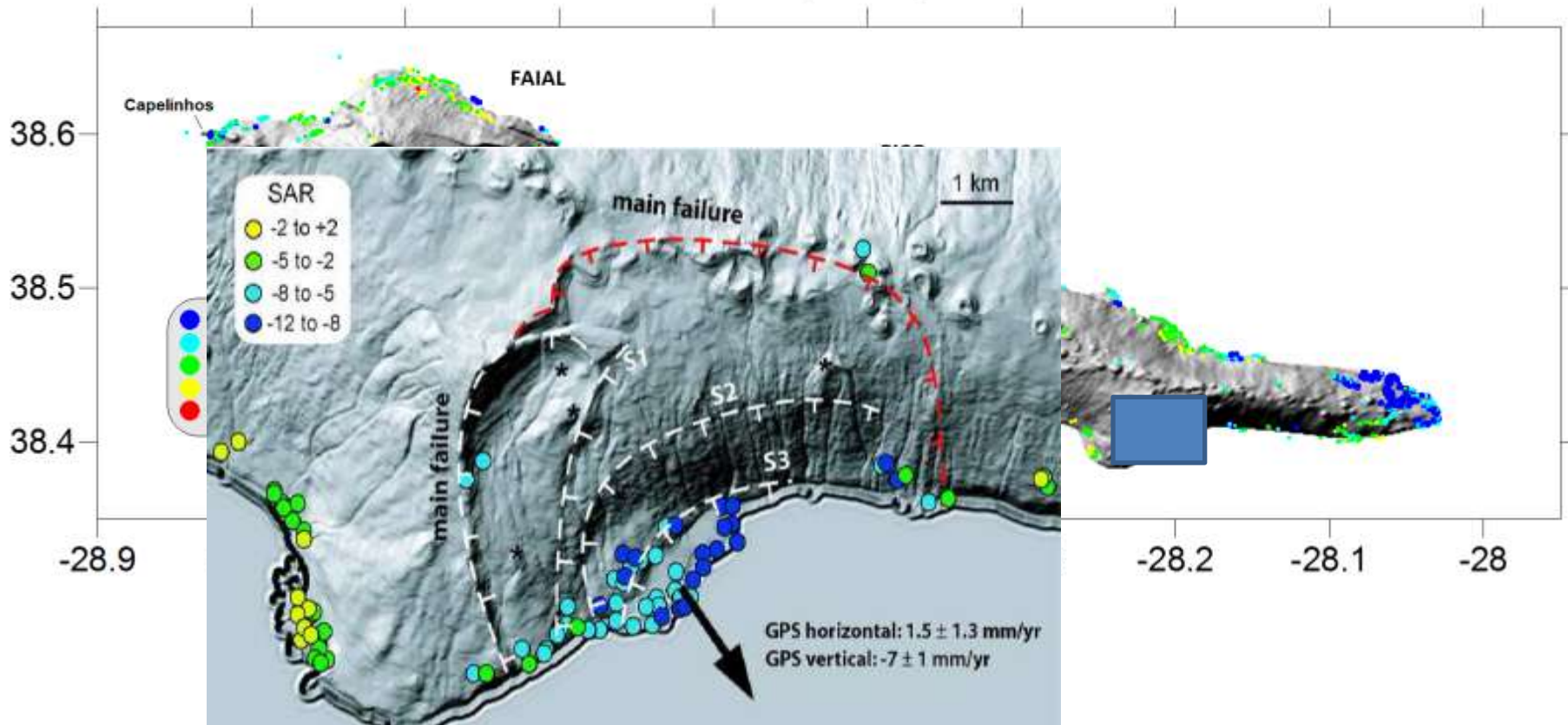
Identificação de zonas de Instabilidade vertical



Identificação de zonas de Instabilidade vertical



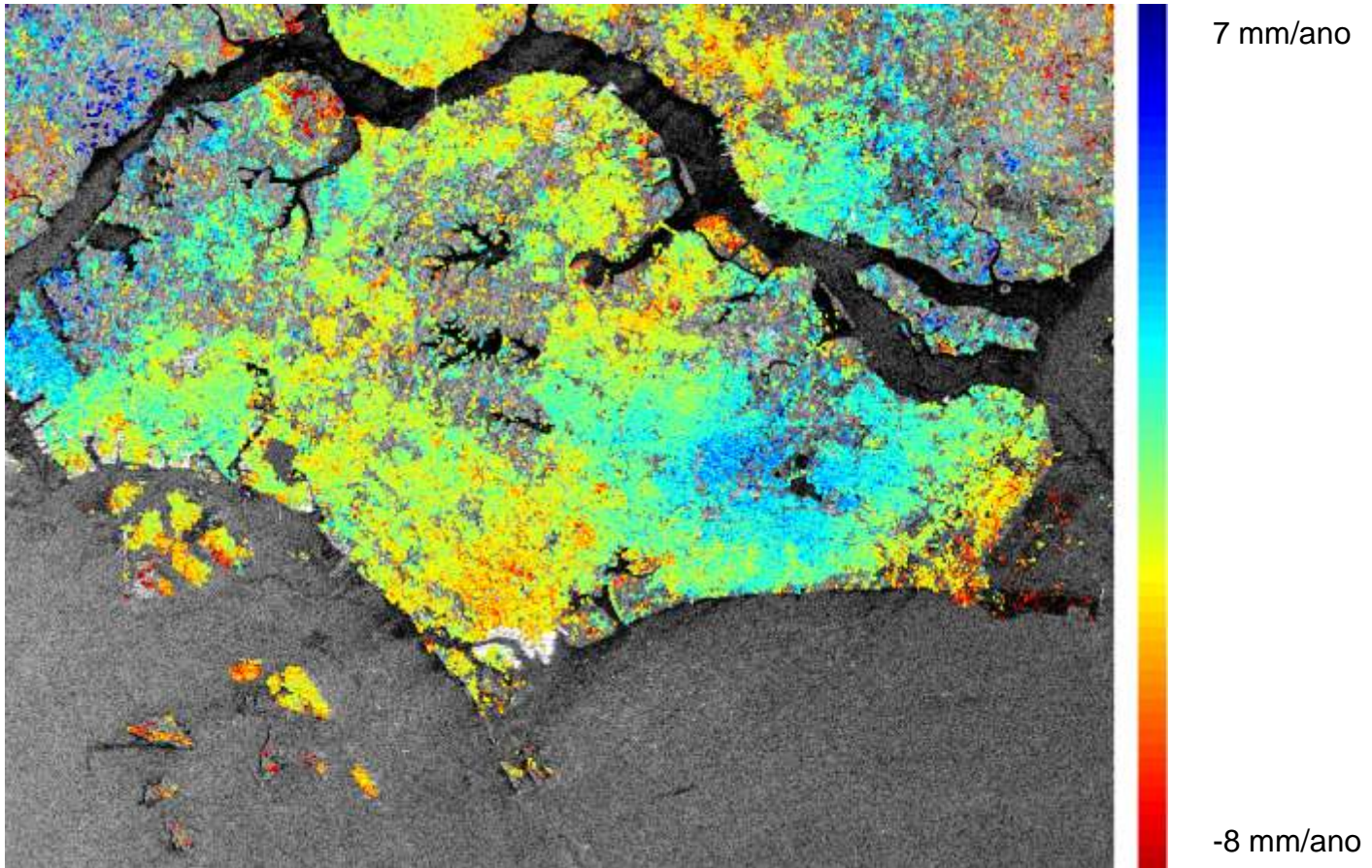
Deformação vertical nas ilhas do Pico e Faial



Marques, FO, Hildenbrand, A., Catalão, J., Catita, C., Costa, A., 2011. Active large sector collapse on Pico Island (Azores). Geophysical Research Abstracts, Vol. 13, EGU General Assembly 2011.



Deformação vertical em Singapura



Projecto “Mapping vertical land movement and coastline retreat study using INSAR and GNSS” em parceria com a National University of Singapore e UBI.



Considerações finais

Neste comunicação foram apresentadas as potencialidades da Interferometria radar na ...

1. Detecção e quantificação de processos de subsidência com uma resolução na ordem dos mm/ano (caso de Lisboa-Palma Baixo)

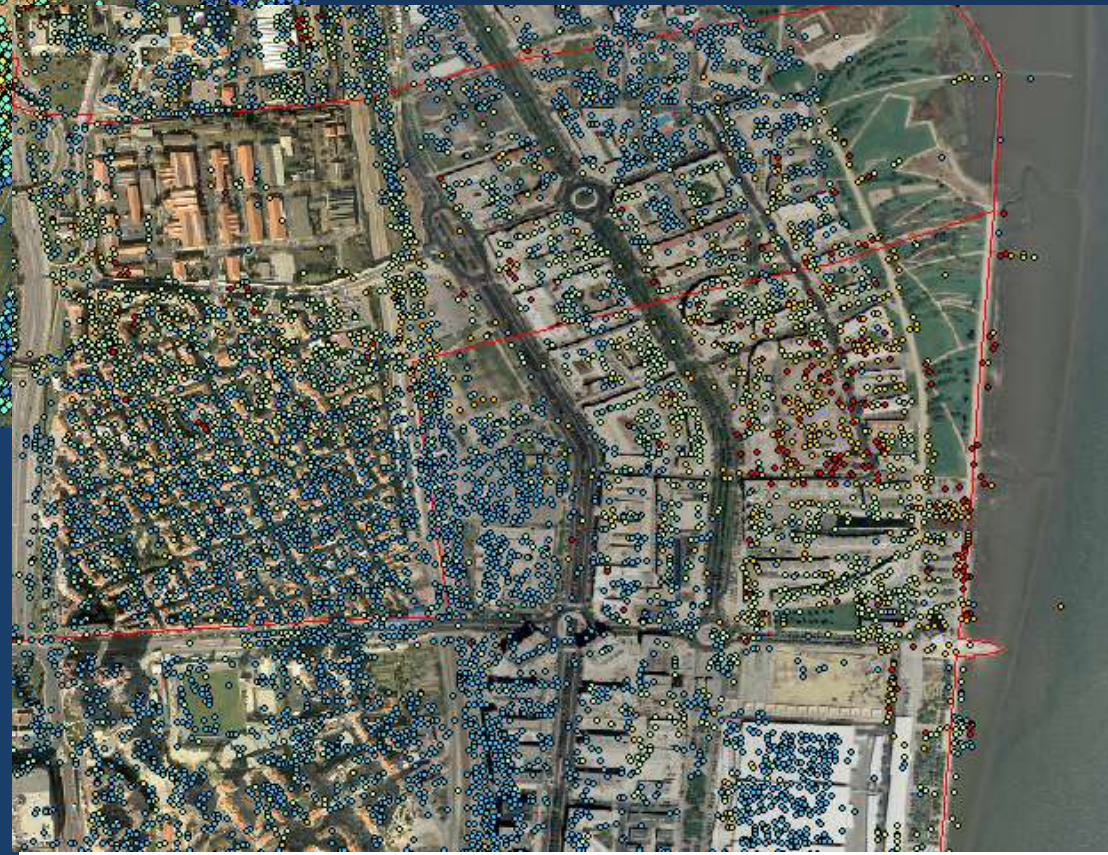
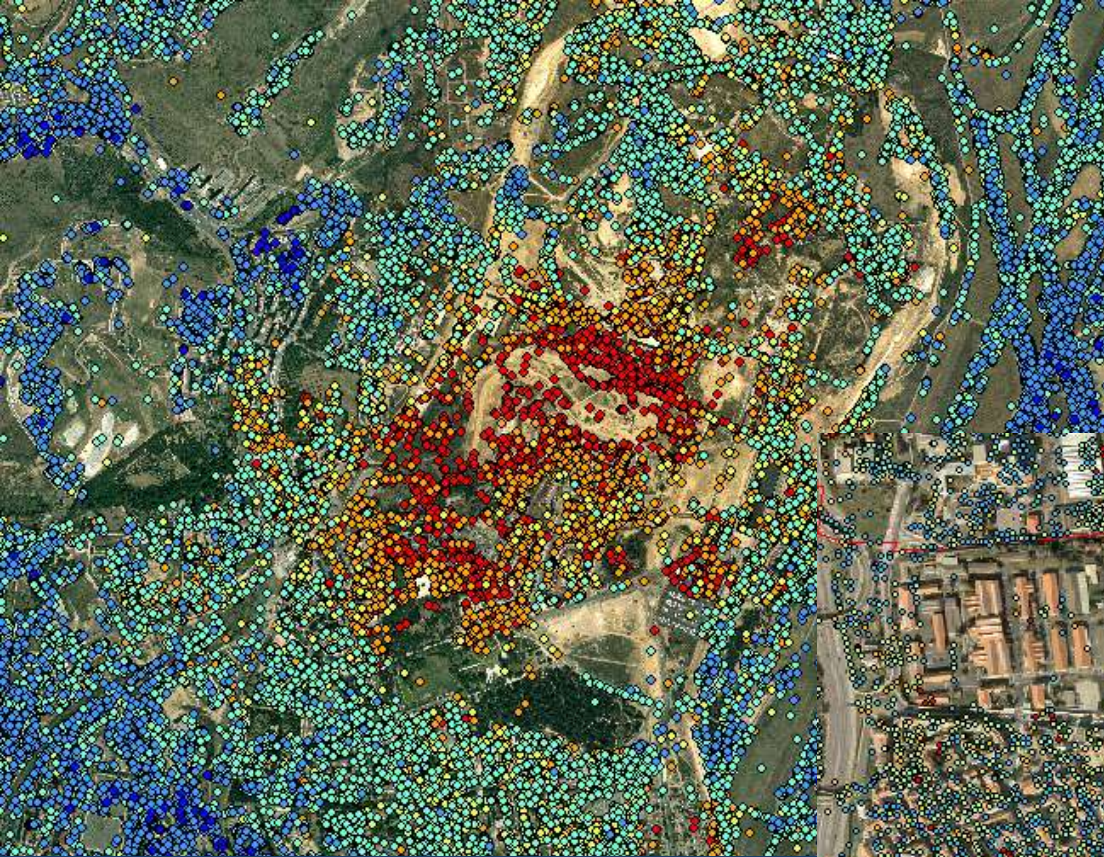
2. Identificação e zonamento de áreas de instabilidade vertical



**Instrumento de suporte a acções de
mitigação do risco**



Detalhe da deformação vertical na região da Alta de Lisboa – Lumiar. Resultado do satélite TerraSAR-X. Os pontos vermelhos correspondem a deformação vertical e os pontos azuis a zonas estáveis.



(Agradecimentos)



Agradecimentos

José Luis Zêzere
Sérgio Oliveira
Giovanni Nico
Pedro Benevides
Vasco Conde

Todos os colegas MapRisk

