

# Estudo de Avaliação do Risco de Aluviões na Ilha da Madeira - Fase 2

Nota técnica B2

Análise de imagem para inventariação  
automática e rápida dos deslizamentos  
de vertentes

**Dezembro de 2017**



# Análise de imagem para inventariação automática e rápida dos deslizamentos de vertentes

<b>Ficha do documento</b>	
<b>Projecto</b>	Estudo de Avaliação do Risco de Aluviões na Ilha da Madeira - Fase 2
<b>Coordenação</b>	António Betâmio da Almeida (IST), Rodrigo Proença de Oliveira (IST), Paulo França (UMa)
<b>Cliente</b>	Governo Regional da Madeira / Direcção-Regional de Infra-estruturas e equipamentos
<b>Documento</b>	Nota técnica B2. Análise de imagem para inventariação automática e rápida dos deslizamentos de vertentes.
<b>Autores</b>	António Jorge Sousa, Maria João Pereira
<b>Data</b>	Dezembro de 2017
<b>Versão</b>	Versão para divulgação pública



# Análise de imagem para inventariação automática e rápida dos deslizamentos de vertentes

## Índice de texto

Índice de texto.....	iii
Índice de figuras .....	iv
Índice de quadros.....	v
1 Enquadramento .....	1
2 Metodologia baseada em análise de imagem para inventariação automática e rápida dos deslizamentos de vertentes .....	2
3 Aplicação de técnicas avançadas de interferometria radar para a identificação de instabilidades .....	5

## Índice de figuras

Figura 1: Localização da região-alvo utilizada para desenvolver e testar a metodologia (rectângulo a norte do Funchal com uma área de cerca de 15 km <sup>2</sup> ). .....	3
Figura 2: Localização dos objectos utilizados na fase de treino da metodologia correspondentes a deslizamentos (a laranja) e não deslizamentos (a azul). .....	4
Figura 3: Resultado da classificação na região-alvo com identificação das 2 zonas rectangulares de validação da metodologia (VAL1 e VAL2), identificando-se os objectos classificados automaticamente como deslizamentos (a laranja) e os contornos dos deslizamentos. ....	4
Figura 4: Resultados preliminares dos deslocamentos verticais obtidos com a aplicação da técnica SBAS. ....	6

## Índice de quadros

Quadro 1: Avaliação da classificação automática com a metodologia desenvolvida.....	5
---	---





# Análise de imagem para inventariação automática e rápida dos deslizamentos de vertentes

## 1 Enquadramento

Este documento foi produzido no âmbito da 2ª fase do Estudo de Avaliação do Risco de Aluviões na Ilha da Madeira (EARAM2), um projecto desenvolvido para o Governo Regional da Madeira por um consórcio constituído pelo Instituto Superior Técnico (IST), pela Associação para o Desenvolvimento do IST (ADIST) e pela Universidade da Madeira (UMa).

O EARAM2 vem na sequência da 1ª fase do Estudo de Avaliação do Risco de Aluviões na Ilha da Madeira, lançado pela Secretaria Regional do Equipamento Social da Região Autónoma da Madeira (SRES) após o acontecimento hidrológico ocorrido em 20 de fevereiro de 2010. Os trabalhos da referida 1ª Fase decorreram entre 1 de maio e 31 de dezembro de 2010 e tiveram os seguintes objectivos gerais:

- Caracterização fenomenológica do evento de 20 de fevereiro;
- Avaliação dos riscos associados às aluviões na Ilha da Madeira;
- Estabelecimento de princípios gerais de orientação das intervenções de prevenção e protecção.

O âmbito geográfico desta 1ª fase compreendeu a área abrangida pelas bacias hidrográficas mais afectadas pelo evento de 20 de fevereiro de 2010: as bacias das ribeiras de João Gomes, Santa Luzia e São João, do Concelho do Funchal, e as bacias das ribeiras da Ribeira Brava e Tabua, do Concelho da Ribeira Brava.

A descrição dos estudos efectuados, as principais conclusões obtidas e os princípios orientadores propostos foram apresentados no Relatório Final (dezembro de 2010), no Relatório-Síntese (novembro de 2010) e no relatório com os Princípios Orientadores (agosto de 2010).

O EARAM2 complementa os trabalhos da 1ª fase do projecto e tem os seguintes objectivos estratégicos:

- Aprofundar o conhecimento sobre o fenómeno dos aluviões, melhorar da metodologia para avaliação do risco e contribuir para a implementação da Directiva da EU sobre cheias e inundações (Directiva 2007/60/CE) à Região Autónoma da Madeira;
- Estender a avaliação do risco a toda a ilha da Madeira;
- Conceber o sistema de previsão e aviso de aluviões;

- Avaliar os condicionalismos sociais na prevenção do risco de aluviões
- Desenvolver acções de divulgação pública e de formação sobre este tipo de risco.

Este documento é um dos produtos intermédios do EARAM2 e tem por principal objectivo a partilha de informação entre os elementos da equipa IST/UMa e dos vários organismos da administração regional que acompanham o projecto. Pode ser objecto de revisão e actualização frequente e deve, por isso, ser lido como documento de trabalho. A versão final do documento será integrada no relatório final do projecto.

## **2 Metodologia baseada em análise de imagem para inventariação automática e rápida dos deslizamentos de vertentes**

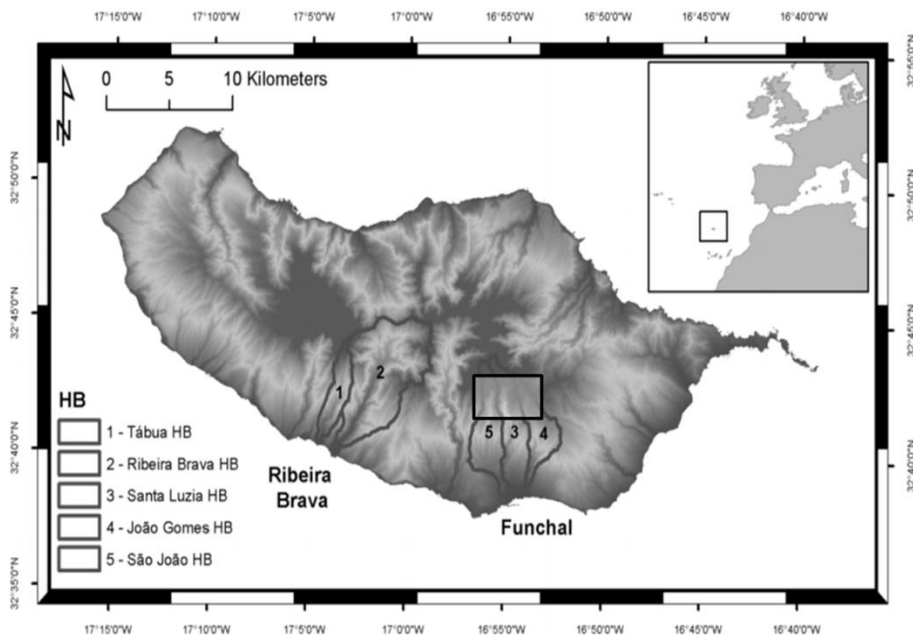
Existe na literatura técnico-científica recente várias propostas baseadas em técnicas de análise de imagem para detetar deslizamentos de terras e estimar os seus volumes. Em geral, pretendem resolver os problemas locais, e portanto dependem fortemente das características regionais, dificilmente sendo capazes de lidar de uma forma genérica com qualquer tipo de deslizamento, em particular os mais pequenos e superficiais, que são os que ocorrem em maior número e mais frequentemente na ilha da Madeira. Apesar da sua pequena dimensão e pequeno volume, estes deslizamentos são extremamente perigosos, por terem uma elevada densidade espacial e evoluírem rapidamente para fluxos de detritos ou de lamas, e movimentarem, através de um rápido transporte, elevados volumes de material. Acresce que os métodos existentes não são totalmente automáticos e requerem constante intervenção pericial em vários dos seus passos, quer relacionados com a escolha da informação mais adequada ao problema, quer com a decisão acerca da classificação das regiões detetadas.

Assim, na sequência do projeto de investigação AULIS, foram desenvolvidas e ensaiadas várias abordagens baseadas na classificação por objetos em imagens de resolução espacial sub-métrica de forma a lidar com todo e qualquer tipo de deslizamento e a elaborar e atualizar rapidamente mapas de inventário de deslizamentos.

Foram desenvolvidas e testadas diversas formas de identificar todos os objetos (ou regiões homogéneas) presentes nas imagens de satélite e efetuada a sua classificação em deslizamentos e não deslizamentos. Diferentes características dos métodos de segmentação (filtragem por tamanho e/ou intensidade) e vários tipos de descritores (espectrais e morfométricos) foram testados com diferentes classificadores (máxima verosimilhança, k-vizinhos mais próximos, máquinas de suporte vetorial (SVM)) e confrontados com a classificação clássica pixel a pixel, avaliando quantitativamente várias sequências metodológicas e parametrizações de forma a seleccionar a mais robusta e de melhor desempenho para ser utilizada na inventariação. A que conduziu a melhores resultados baseia-se na segmentação por objetos pela transformação 'watershed' e pelo classificador SVM. A transformação 'watershed', baseia-se em operadores da Morfologia Matemática, e para identificar os contornos das regiões homogéneas ou objetos existentes na imagem de satélite estabelece uma analogia com a inundação de uma superfície

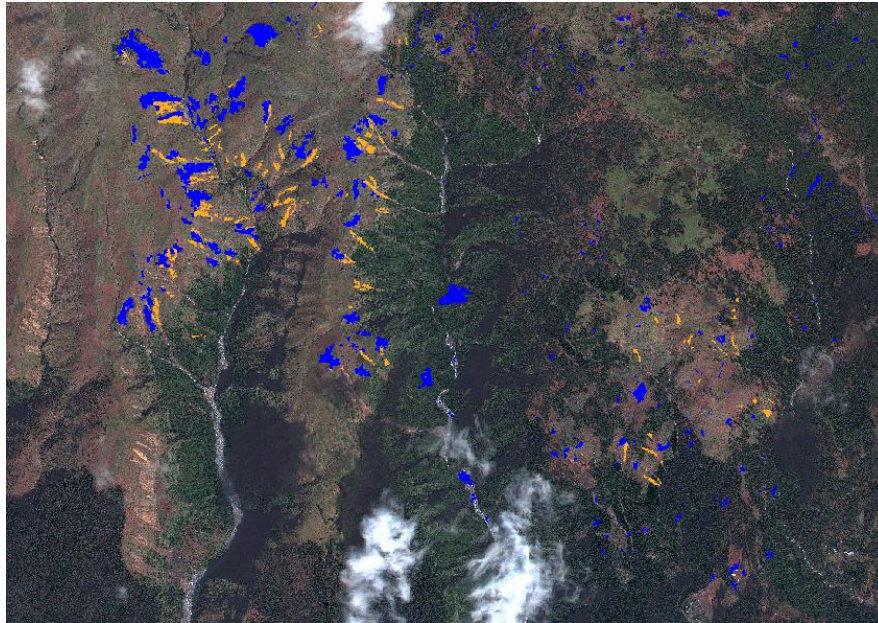
topográfica a partir de cada um dos seus mínimos locais. Tem a vantagem de não necessitar de ser parametrizada e de conduzir sempre a contornos fechados. O classificador SVM é um classificador binário que procura encontrar a fronteira de decisão ótima que é a que melhor separa os descritores do conjunto de dados em duas regiões no espaço das características, neste caso, correspondentes a deslizamentos e a não deslizamentos.

Para testar e validar a nossa abordagem, foi selecionada uma pequena região-alvo na ilha da Madeira localizada a norte da cidade do Funchal, cobrindo uma área aproximadamente igual a 15 km<sup>2</sup>. Trata-se de uma das regiões mais afetadas pelo evento de 20 de fevereiro de 2010.



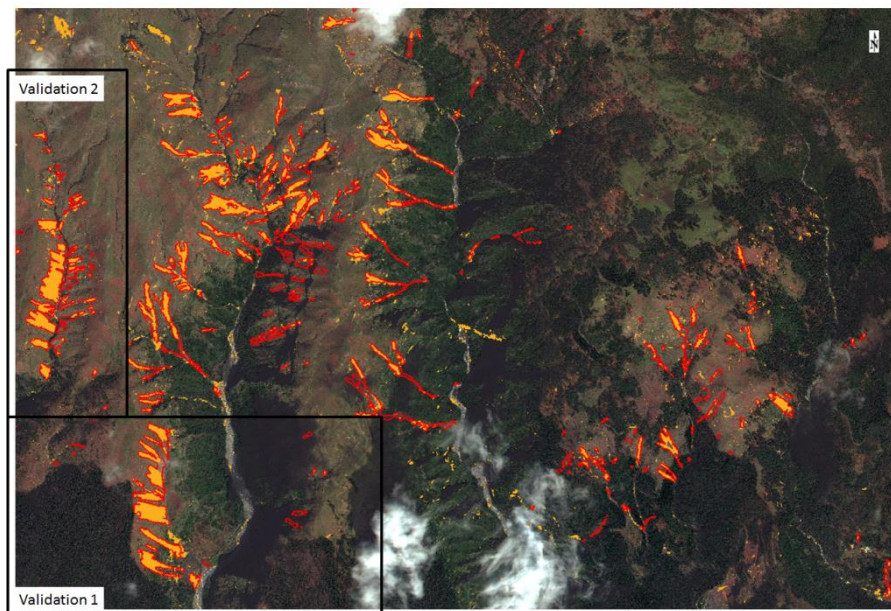
**Figura 1: Localização da região-alvo utilizada para desenvolver e testar a metodologia (retângulo a norte do Funchal com uma área de cerca de 15 km<sup>2</sup>).**

É necessário treinar o classificador fornecendo-lhe exemplos de objetos que correspondem a deslizamentos (a laranja na Figura 2) e a não deslizamentos (a azul na Figura 2).



**Figura 2: Localização dos objectos utilizados na fase de treino da metodologia correspondentes a deslizamentos (a laranja) e não deslizamentos (a azul).**

Com base na aprendizagem efetuada, a sua validação é efetuada com objetos distintos e também numa região geográfica distinta daquela que foi utilizada para efetuar o treino (Figura 3).



**Figura 3: Resultado da classificação na região-alvo com identificação das 2 zonas retangulares de validação da metodologia (VAL1 e VAL2), identificando-se os objetos classificados automaticamente como deslizamentos (a laranja) e os contornos dos deslizamentos**



A sua aplicação na região-alvo na bacia do Funchal permitiu obter taxas de deteção das áreas dos deslizamentos superiores a 95%, superando claramente os métodos clássicos (Tabela 1). Os resultados obtidos de uma forma automática são excelentes, ao nível do que melhor se encontra na literatura científica da especialidade, com a particularidade de dizerem respeito a uma região muito heterogénea e complexa. A avaliação da validação em duas regiões distintas (VAL1 e VAL2) permite identificar pequenas discrepâncias (valores distintos de falsos negativos, ou seja, de deslizamentos não identificados) que necessitam ainda de ser aperfeiçoadas, nomeadamente em vertentes que, no momento de passagem do satélite e da aquisição da imagem, apresentam uma exposição solar significativamente menor relativamente à da maioria das outras superfícies. Não se trata de um problema significativo, mas as soluções que pretendemos introduzir brevemente, traduzir-se-ão num pequeno aumento do desempenho global da metodologia.

**Quadro 1: Avaliação da classificação automática com a metodologia desenvolvida.**

	Medidas de área de deslizamento corretamente detetada			
Região de validação	Exatidão global (%)	Índice Kappa	Falsos negativos (%)	Falsos positivos (%)
VAL1	98.2	0.8	17.5	20.8
VAL2	96.3	0.74	28.5	18.9

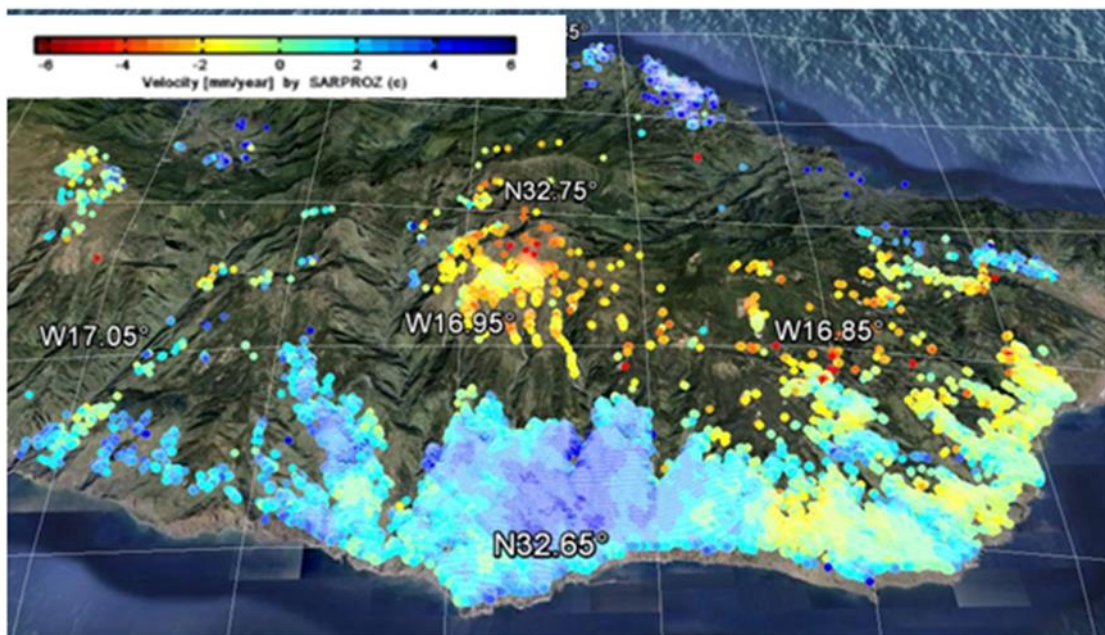
A fase seguinte consiste na validação da metodologia aplicando-a a toda a ilha na deteção de deslizamentos em épocas passadas. Como as imagens previstas ainda não foram adquiridas, não foi possível avançar muito nessa fase, fundamental, de validação da metodologia.

Para efetuar o cálculo de volumes dos deslizamentos, está em desenvolvimento um conjunto de rotinas para o ENVI5, recorrendo ao software '*DEM feature extraction*'. Esta rotina necessita também das novas imagens para validação.

### **3 Aplicação de técnicas avançadas de interferometria radar para a identificação de instabilidades**

A proposta da utilização das técnicas avançadas de interferometria radar na monitorização das áreas construídas no concelho do Funchal-Madeira, visa a determinação de deslocamentos verticais de pontos dispersores, geralmente correspondentes a elementos construídos pelo Homem, para identificação e análise de zonas instáveis, a partir de imagens de satélite de radar de abertura sintética.

As imagens utilizadas no processamento foram disponibilizadas pela Agência Espacial Europeia (ESA), ao abrigo de um projeto CAT-1 (Ref. 28333), foram adquiridas pelo sensor ENVISAT (banda C) no período correspondente a Março de 2004 – Junho de 2010. O estudo iniciou com a identificação das diversas técnicas interferométricas mais adequadas ao objeto de estudo e nesse contexto foram identificadas as técnicas SBAS, PSinSAR e QPsinSAR, tendo apenas sido testada a técnica SBAS. No pré-processamento interferométrico foi utilizado um modelo digital do terreno com célula de 90 m, disponibilizado pela NASA, e foram apenas consideradas no processamento os interferogramas com base normal inferior a 50% da base crítica e base temporal inferior a 500 dias. A área processada corresponde a uma área de 20 km x 20 km para garantir uma boa estimativa do efeito atmosférico, foram eliminados os interferogramas que apresentavam ruído na zona do Funchal, para que o resultado final fosse o mais robusto possível para toda a área geográfica em estudo e assumido, numa primeira fase, o modelo linear dos deslocamentos. Os resultados preliminares obtidos por aplicação da técnica SBAS estão apresentados na Figura 4.



**Figura 4: Resultados preliminares dos deslocamentos verticais obtidos com a aplicação da técnica SBAS.**

Os resultados obtidos, ainda preliminares, são promissores, mostrando que a técnica tem potencial para identificar zonas de instabilidade. O trabalho continuará com a exploração das restantes técnicas para toda a área geográfica e uma observação com mais detalhe para a área correspondente à cidade do Funchal e o cruzamento com informação altimétrica obtida no local para efeitos de análise e validação dos resultados.