

entanto, verifica-se a necessidade de melhorar a calibração, tanto da constante utilizada no modelo de espessura do solo, como dos parâmetros geotécnicos obtidos por retroanálise dos deslizamentos superficiais para a área de estudo BH-A, em virtude dos resultados da percentagem de área classificada como estável e instável, em cada classe de FS, não demonstrarem tratar-se de um modelo robusto. Não obstante, a utilização de dados, como informação *proxy*, para a elaboração de modelos de espessura do solo e talude infinito, em áreas independentes, mostrou que os resultados são muito idênticos, o que indica que a extrapolação dos dados de base é um procedimento viável. Este resultado é particularmente significativo, atendendo à morosidade e complexidade que caracteriza a obtenção de medições de espessura do solo e a aferição dos parâmetros geotécnicos, em áreas extensas.

### Referências

- Catani, F., Segoni, S., Falorni, G. (2010). An empirical geomorphology-based approach to the spatial prediction of soil thickness at catchment scale. *Water resources research*, 46(5).
- Oliveira, S. C., Zêzere, J. L., Lajas, S., Melo, R. (2017). Combination of statistical and physically based methods to assess shallow slide susceptibility at the basin scale. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 17(7), 1091-1109.
- Segoni, S., Rossi, G., Catani, F. (2012). Improving basin scale shallow landslide modelling using reliable soil thickness maps. *Natural hazards*, 61, 85-101.
- Sharma, S. (2002) – Slope stability concepts. In Abramson, L.W.; Lee, T. S.; Sharma, S.; Boyce, G.M. (eds), *Slope stability and stabilization methods*, John Wiley & Sons Inc., New York, p. 329-461

## Contributo da avaliação da suscetibilidade a deslizamentos na mitigação da degradação dos solos em área de vinhas

### Contribution of landslide susceptibility assessment to mitigating soil degradation in vineyard areas

S. Pereira<sup>1,2\*</sup>, C. Bateira<sup>2</sup>, P. Valenzuela<sup>3</sup>, P. Capella<sup>2</sup>, F. Alves<sup>4</sup>, M. Natário<sup>4</sup>, J. Valente<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Universidade do Porto, FLUP, Departamento de Geografia, CEGOT, Porto, Portugal.

<sup>2</sup> Universidade de Lisboa, IGOT, CEG, Lisboa, Portugal.

<sup>3</sup> Universidade de León, Departamento de Geografia e Geologia, León, Espanha.

<sup>4</sup> Symington Family Estates, Vinhos SA. Vila Nova de Gaia, Portugal.

\*sspereira@letras.up.pt

#### RESUMO

Este estudo pretende avaliar a suscetibilidade a deslizamentos superficiais translacionais (DST) numa sub-bacia localizada na vila do Pinhão, na paisagem do vale do Douro com a vinha plantada em patamares.

No inventário identificaram-se 229 DST recorrendo a trabalho de campo. Neste trabalho foram utilizados os seguintes fatores de predisposição: declive, orientação, curvatura, índice de humidade inverso, profundidade do escoamento superficial, altura dos terraços, geologia e espessura das formações superficiais. Aplicou-se o método do Valor Informativo que permitiu identificar as classes com maior importância na explicação da suscetibilidade.

**Palavras-chave:** Vale do Douro; deslizamentos; patamares; método do valor informativo.

**Key-words:** Douro valley; landslides; land-embankments; information value method.

#### 1. INTRODUÇÃO

No âmbito da nova PAC 2023-27, os agricultores são incentivados monetariamente a adotar práticas benéficas de gestão dos solos que melhorem a biodiversidade e a resiliência às alterações climáticas. As Boas Condições Agrícolas e Ambientais, incluem medidas obrigatórias de proteção do solo contra a erosão e propõem a limitação dos solos nus, a promoção de uma lavoura reduzida e de uma cobertura mínima do solo, a agricultura de contorno em terrenos inclinados, a manutenção de socacos e muros de pedra e o aumento da utilização de margens de relva (Matthews, 2013).

Atualmente continua a ser necessário avaliar o equilíbrio entre o controlo da erosão por escoamento superficial e o aumento da perda de solo por deslizamento em áreas de patamares agrícolas. O aumento da infiltração promovida pelos patamares pode conduzir a uma maior frequência de deslizamentos. No entanto, uma análise custo-benefício mostrou que a aplicação das medidas anti erosão supramencionadas em zonas agrícolas severamente propensas à erosão (perda de solo > 10 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) na UE poderia ter um benefício económico (dentro e fora do local) de 1,35 mil milhões de euros (Kuhlman et al., 2010).

Neste contexto, o projeto LivingSoiLL pretende criar uma rede de cinco Laboratórios Vivos (LV) em toda a Europa, com pelo menos 50 locais de demonstração, centrados em culturas permanentes com importância económica, social e cultural na UE. Estes LV atuarão como plataformas colaborativas multidisciplinares e transdisciplinares para a conceção de códigos, co-desenvolvimento e co-implementação de soluções que promovam a conservação/restauração da saúde do solo. Ao promover soluções inovadoras holísticas ajustadas localmente, difundir

práticas sustentáveis de gestão dos solos e reforçando a literacia do solo, o projeto visa contribuir para a melhoria global da saúde do solo e da resiliência ambiental. No caso do LV Luso-Galaico os seus objetivos principais são: (i) estudar/desenvolver soluções inovadoras para mitigar a degradação dos solos em vinhas e olivais; (ii) testar soluções em locais de demonstração em diferentes sistemas e ambientes agrícolas; (iii) co-criar soluções locais de sucesso para solos saudáveis.

Neste trabalho avaliamos a suscetibilidade a deslizamentos no laboratório vivo Luso-Galaico, na área de estudo da Quinta do Bomfim, destinada à cultura permanente da vinha em socalcos. O principal objetivo deste trabalho é estabelecer relações estatísticas entre um inventário de evento de deslizamentos e um conjunto de fatores predisposição que controlam a instabilidade de vertentes em patamares construídos para rentabilizar a produção da vinha e minimizar os efeitos da erosão em vertentes declivosas (Bateira et al., 2016).

## 2. ÁREA DE ESTUDO

Este estudo incidiu sobre uma sub-bacia alongada de 0,42 km<sup>2</sup> localizada numa propriedade na vila do Pinhão, na paisagem do vale do Douro, Património Mundial da UNESCO (Portugal) (Figura 1). A altitude varia entre 85 m e 394 m e é composta principalmente por níveis estratificados de filitos e xistos datados do pré-Câmbrico e Câmbrico. As vinhas (74,6 ha) estão organizadas maioritariamente em terraços com talude em terra, tendo apenas uma pequena parte de vinha antiga em terraços com muro de suporte com pedra em seco, ambos predominantemente virados a sul. A área tem um clima mediterrânico com uma precipitação média anual de 658 mm.

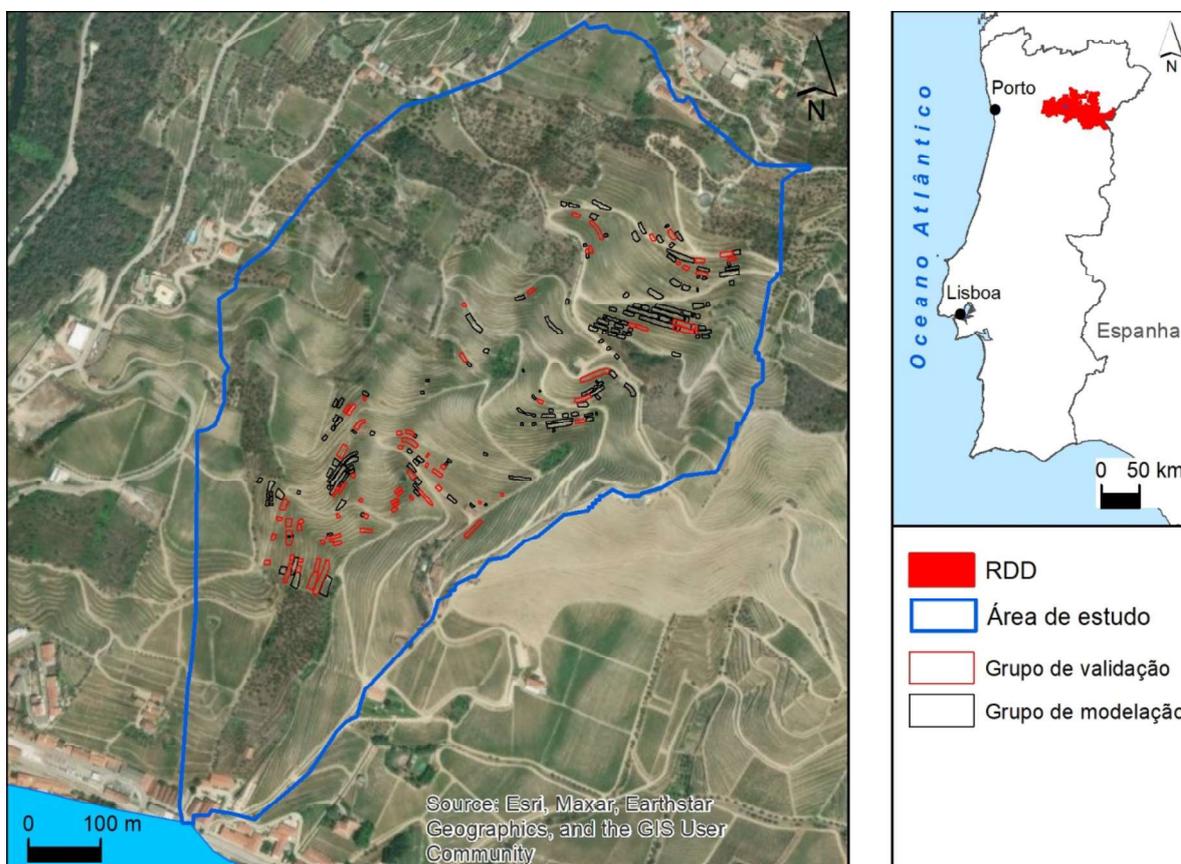


Figura 1. Localização da área de estudo e inventário de deslizamentos superficiais translacionais (grupo de modelação e grupo de validação) ocorridos em janeiro de 2023.

Recentemente, a propriedade desenvolveu um processo de renovação com a reconstrução de terraços com talude em terra, maioritariamente de grandes patamares de 2 linhas (plataforma de 3,5 m) para patamares estreitos (1 linha e plataforma de 2,3 m), juntamente com novos sistemas de drenagem. Estas alterações nas condições físicas do solo promoveram a erosão hídrica e a instabilidade dos patamares. Dois eventos de precipitação, um a 22 de dezembro de 2022 (243 mm/30 dias, PR=3,6 anos) e o outro a 1 de janeiro de 2023 (278 mm/30 dias, PR = 5,5 anos) desencadearam 229 deslizamentos superficiais translacionais que afetaram as áreas renovadas (Figura 1). Os deslizamentos apresentam uma distribuição irregular, estando mais concentrados no sector a montante, caracterizado por uma morfologia geral da vertente convexa, com declives mais elevados e onde a camada de material remobilizado é mais profunda.

A altura dos terraços afetados por instabilidade de vertente varia entre 1,5 m e 4 m. A largura do deslizamento varia entre 1,5 m e 50 m (média de 12,4 m), expondo as raízes da vinha, plantadas no limite exterior do patamar. A altura da cicatriz é inferior a 0,5 m e o deslocamento do material mobilizado geralmente não ultrapassa o terraço inferior (Figura 2).



Figura 2. Exemplos de deslizamentos superficiais translacionais ocorridos em janeiro de 2023.

### 3. DADOS E MÉTODOS

O inventário de evento foi realizado em fevereiro de 2023, tendo sido recolhida informação relativa à localização, comprimento máximo e área de cada deslizamento, recorrendo a trabalho de campo, com registo da localização com GPS e um MDE detalhado (10 x 10 cm). Em seguida, no software SAGA GIS foram derivados os seguintes fatores de predisposição a partir do MDE: declive, orientação das vertentes, curvatura das vertentes (perfil transversal), índice de humidade inverso, profundidade do escoamento superficial e altura dos terraços. A geologia foi obtida a partir da carta Geológica de Portugal, folha 10D, escala 1: 50 000. A espessura das formações superficiais foi estimada com base num modelo matemático adaptado para regiões de Maciço Antigo com metassedimentos.

A profundidade do escoamento superficial e a altura dos terraços foi inicialmente calculada com base no DEM detalhado, tendo sido o seu resultado convertido para células de 5 x 5 m. Todos os fatores de predisposição foram convertidos para uma estrutura de dados matricial, com células de 5 x 5 m e reclassificados.

O inventário de deslizamentos foi dividido de forma aleatória num grupo de modelação (155 deslizamentos) e num grupo de validação (74 deslizamentos). Em seguida, a suscetibilidade a deslizamentos superficiais translacionais foi avaliada com o método do Valor Informativo (VI). No final, foram calculadas as curvas de sucesso e de predição do modelo, com as respetivas Áreas Abaixo da Curva.

#### **4. RESULTADOS**

Os resultados do VI permitem identificar as classes das variáveis com maior importância na explicação da suscetibilidade na sub-bacia. Entre estas destacam-se as classes de declive de 25,1 – 30 e 30,1 – 35 graus que concentram 55% dos deslizamentos, as vertentes expostas a E e SE, as vertentes com uma curvatura em perfil transversal retilinea/plana e um índice inverso de humidade de 0.001 - 0.01, onde se concentram 61% dos deslizamentos. Destaca-se a Formação do Pinhão caracterizada por níveis estratificados de metaquartzograuaques e xistos do Câmbrio médio, onde se encontra 92,7% da área deslizada. Na variável altura dos terraços as classes de 3,1 – 4 e 4.1 - 5 m apresentam valores mais elevados de VI, no entanto 84% dos deslizamentos ocorreram em terraços com altura entre 1 e 3 m. Na espessura das formações superficiais o VI mais elevado encontra-se na classe de 1,1 – 1,5 m, onde se registaram 46,6% dos deslizamentos. Na variável profundidade do escoamento superficial, o processo de infiltração desenvolve-se nas classes <0.05 m localizadas preferencialmente nas plataformas dos terraços, onde se registaram 96% dos deslizamentos, revelando-se um bom fator de predisposição da instabilidade de vertentes.

O modelo de suscetibilidade obtido apresenta uma AAC da curva da taxa de sucesso de 0.812 e da taxa de predição 0.764, sendo considerados resultados satisfatórios.

Adicionalmente, foi realizada uma análise sensitiva de todas as combinações possíveis entre o número de fatores de predisposição, concluindo-se que as variáveis do declive, altura dos terraços e espessura das formações superficiais permitem obter um modelo de suscetibilidade com uma AAC da taxa de sucesso de 0.769.

#### **5. CONCLUSÕES**

O trabalho é um contributo para a previsão de áreas de suscetibilidade a deslizamentos superficiais translacionais, para estimar os danos potenciais e as perdas económicas associadas à perda da formação superficial (“solo”) onde estão implantadas as vinhas nas encostas com patamares. Estes resultados contribuem para a cocriação de diretrizes para a construção de patamares de modo a evitar os efeitos da erosão do solo e dos deslizamentos, envolvendo cientistas, técnicos e produtores agrícolas locais.

#### **Agradecimentos**

Trabalho financiado no âmbito do projeto LivingSoiLL - Co-creating solutions for soil health in Living Labs, Programme Horizon Europe Framework Programme (HORIZON-MISS-2023-SOIL-01). Living labs: Portugal, Spain, France, Poland, and Italy.

### Referências

- Bateira, C., Costa, A., Fernandes, J., & Fonseca, B. (2016). Agricultural terraces instability at Alto Douro World Heritage (UNESCO). *Atlas de Património Cultural: Prevenção; Resposta e Recuperação de Desastres*.
- Kuhlman, T., Reinhard, S., & Gaaff, A. (2010). Estimating the costs and benefits of soil conservation in Europe. *Land Use Policy*, 27(1), 22–32. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2008.08.002>
- Matthews, A. (2013). Greening agricultural payments in the EU's Common Agricultural Policy. *Bio-Based and Applied Economics*, 2(1), 1–27. [www.fupress.com/bae](http://www.fupress.com/bae)