

# XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

## MAPEAMENTO DE ÁREAS DE SUSCETIBILIDADE DE RISCOS GEOMORFOLÓGICOS EM TRANCOSO DE BAIXO, REGIÃO NORTE DE LISBOA- PORTUGAL

*James Rafael Ulisses dos Santos<sup>1</sup> & Everson de Oliveira Santos<sup>2</sup>; Nivaneide Alves de Melo<sup>3</sup>*

**RESUMO:** O trabalho teve como meta mapear as áreas de riscos geomorfológicos por meio de um inventário da suscetibilidade aos processos de deslizamentos e desabamentos dos movimentos de vertentes verificados em Trancoso de Baixo, área que abrange Vila Franca de Xira, no limite oeste da Freguesia de São João dos Montes, região norte de Lisboa- Portugal. O zoneamento da área estudada se deu por intermédio de métodos estatísticos e do Sistema de Informações Geográficas (SIGs) na produção do Modelo Digital de Terreno, com o posterior cruzamento dos mapas, chegando ao inventário cartográfico da suscetibilidade ao risco dos movimentos de vertente. Como resultados do estudo, foi verificado que as áreas mais instáveis aos deslizamento são as que o plano de estratificação das camadas ocorre no sentido sul e sudeste, no contato geológico dos calcários do Amaral com as margas da Abadia, visto que nos calcários há desabamentos e nas margas ocorrem deslizamentos por se tratar de uma área de deposição de material. Portanto, esses movimentos de terreno ocasionam problemas ambientais tanto no meio rural como no urbano, acarretando modificações na paisagem devido a dinâmica natural do relevo.

**ABSTRACT:** The study aimed to map the areas of geomorphological risks through an inventory process of susceptibility to landslides and mudslides in parts of the movements seen in Trancoso de Baixo, which covers the area of Vila Franca Xira, the western boundary of the Freguesia of São. João dos Montes, north of Lisbon, Portugal. The zoning of the area studied was characterized by means of statistical methods and Geographic Information System (GIS) in the production of Digital

---

<sup>1</sup> Afiliação: Universidade Federal de Alagoas – UFAL/IGDEMA, Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro dos Martins-Maceió-AL, 3214-1445, james.ulisses@hotmail.com.

<sup>2</sup> Afiliação: Universidade Federal de Alagoas – UFAL/IGDEMA, Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro dos Martins-Maceió-AL, 3214-1445, eversonoliveira2007@ig.com.br.

<sup>3</sup> Afiliação: Universidade Federal de Alagoas – UFAL/IGDEMA, Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro dos Martins-Maceió-AL, 3214-1445, nivanelo@gmail.com. Laboratório de Geoprocessamento Aplicada (LGA).

Terrain Model, with the subsequent crossing of the maps, reaching the inventory mapping of susceptibility to the risk of landslides. The results of the study it was found that the most unstable areas are to the slip plane of stratification of the layers occurs in the south and southeast, the geological contacts of Amaral's limestones with Abadias' marls, be seen in the limestones have collapses and marls occur in landslides because it is an area of material deposition. Therefore, these movements cause environmental problems of land both in rural as in urban areas, leading to changes in the landscape due to the dynamic nature of the relief.

**PALAVRAS-CHAVE:** Vertentes; Riscos; Mapeamento.

## 1 - INTRODUÇÃO

O referido trabalho foi realizado em Trancoso de Baixo que engloba Vila Franca de Xira, no limite oeste da Freguesia de São João dos Montes, região norte de Lisboa- Portugal, tendo por finalidade realizar um zoneamento das áreas susceptíveis aos riscos geomorfológicos (deslizamentos, desabamentos e escorregamentos de massa), por meio de um mapeamento e da utilização de métodos estatísticos com auxílio de recursos de geoprocessamento.

Iniciou-se a avaliação de susceptibilidade com os critérios de classificação e causas dos movimentos de vertente e a conjugação do contexto geomorfológico, por intermédio dos fatores: litologia, estrutura, exposição das camadas, declividades, morfologia dos movimentos e uso e ocupação do solo.

Por meio de observação de campo começou-se a identificar indícios na paisagem que permitissem fazer uma primeira caracterização empírica dos locais afetados por processos de movimento de massa procedentes das vertentes. As primeiras evidências foram detectadas nas vertentes expostas a sudeste, com blocos rochosos separados da estrutura, formando superfícies constituídas por material depositado na base da cornija, e apresentando fraca espessura das camadas de Calcários, havendo concordância entre a inclinação das camadas e a topografia, sobreposição do material deslocado, bem como presença de água nos terrenos argilosos com uma persistência temporal diferenciada. A sobreposição dos desabamentos, deslizamentos rotacionais e translacionais, em que uns foram desencadeando os outros em momentos diferentes, condiciona uma maior dinâmica das vertentes, sendo esta perceptível na paisagem.

No estudo foi fundamental a verificação do terreno por meio da cartografia geomorfológica, mecanismo que é imprescindível na representação dos movimentos de massa bem como das formas de relevo como um todo, pois, com auxílio da ferramenta dos Sistemas de Informações Geográficas

(SIGs), no zoneamento da região amostra, podem-se avaliar as causas e fatores condicionantes e determinantes, bem como a tipologia dos movimentos de vertente que ocorreram. Podendo assim se ter uma previsão (por meio de métodos estatísticos como utilizados na pesquisa: valor informativo e likelihood ratio), onde os próximos movimentos têm maior probabilidade de ocorrência.

Contudo, com o aparato dos SIGs e dos Métodos Estatísticos produziu-se os mapas das áreas susceptíveis a movimentos de vertentes e riscos geomorfológicos, visto que, são necessárias as verificações de campo, pois as análises somente de gabinete não são capazes de estabelecer os fatores que condiciona os processos nas vertentes, onde se atinge condições ótimas para se desencadear a diferenciação dos fatores para a instabilidade e por tipo de movimento. Além da identificação das causas e zoneamento em classes de susceptibilidade hierarquizadas com valores de probabilidade.

## **2 – METODOLOGIA**

Iniciou-se o trabalho prático com o tratamento da informação de base, em ambiente SIG, a partir das informações altimétricas, fez-se o Modelo Digital de Terreno (MDT), o mapa de declividade e de exposição das vertentes, classificados de acordo com limites de classes predefinidos. Os fatores condicionantes em formato raster têm uma resolução de 5 metros, ou seja, cada célula tem 25m<sup>2</sup>, grau de pormenor considerado adequado ao problema. Construiu-se o inventário dos movimentos de vertentes ocorridos na escala 1:2.000, através da vetorização sobre o ortofotomapa e a partir de pontos de referência no terreno, fotografados durante o trabalho de campo e tabulados no ARCGIS, gerando o inventário com as variáveis independentes. As etapas da pesquisa são representadas no mapa conceitual abaixo (Figura 01).

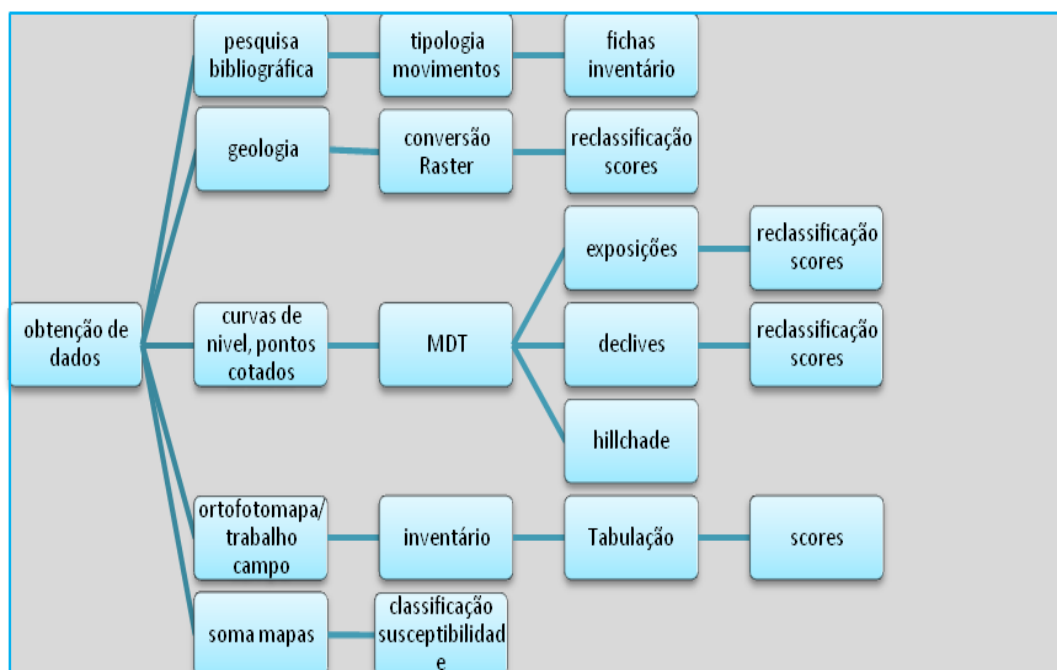


Figura 01 – Metodologia utilizada no processo da avaliação de áreas de riscos

### 3 - MÉTODOS ESTATÍSTICOS DE ANÁLISE: VALOR INFORMATIVO E LIKLIHOOD RATIO DAS ÁREAS DE RISCOS GEOMORFOLÓGICOS

A análise estatística, segundo método do Valor Informativo ou do Likelihood Ratio, de relações de causa e efeito entre cada uma das classes de litologia, exposição, declive, conjunto de variáveis independentes, e os movimentos ocorridos de variável dependente, bem como a interpretação do contexto geomorfológico da susceptibilidade foi feita através de resumo estatístico dos fatores condicionantes e da interpretação dos mapas temáticos elaborados, comparando os scores finais e respectivos mapas de susceptibilidades finais dos diversos tipos de Movimentos de Vertente e relação com a ocupação e uso do solo. A Cartografia da periculosidade mais elevada visa representar e salientar as áreas com Valores Informativos maiores que o nono décil da série, que de acordo com ZÊZERE:

[...] A identificação dos factores condicionantes [...] para a discriminação entre áreas estáveis e instáveis no território é uma etapa extremamente importante no processo de avaliação da susceptibilidade, pois só assim a relação custo - benefício poderá ser optimizada. (ZÊZERE, 2003)

O modelo permite simular um evento do mundo real, o que facilita a compreensão do comportamento do fenómeno estudado e possibilita perceber possíveis resultados em função dos

dados de entrada utilizados. Os passos no Arcgis, do ponto de vista funcional com auxílio de procedimentos de geoprocessamento favorecem análises mais rápidas, tornando os resultados com maior sucesso.

No Método do Valor Informativo é verificado que para cada uma das variáveis é determinado o respectivo valor informativo, a partir de uma relação entre a probabilidade condicionada e a probabilidade *á priori*, com isso, resultados positivos indicam uma relação entre a presença da variável e as manifestações de instabilidade, tanto mais acentuada quanto maior for o score. O Valor Informativo total de uma unidade de terreno é determinado pela soma dos valores de cada variável, dos três parâmetros. Consegue-se, deste modo, uma predição quantificada da periculosidade, mesmo nas áreas ainda não afetadas por manifestações de instabilidade. Em estudos na região norte de Lisboa, Zêzere enfatiza que:

[...] o método do valor informativo, toma em consideração um conjunto de fatores de instabilidade [...] a importância desses fatores na explicação da distribuição das manifestações de instabilidade é avaliada através de uma relação paramétrica [...] é de destacar um enorme peso da unidade litológica margas e argilas da abadia, concordância entre o declive e o pendor das camadas e declives superiores a 25° na justificação, respectivamente dos movimentos rotacionais, translacionais e translacionais superficiais [...]. Os métodos de avaliação espacial da perigosidade podem dividir-se em métodos de cartografia direta e indireta consoante a zonagem, se baseia respectivamente na análise dos efeitos ou das causas de instabilidade. (ZÊZERE, 2001)

Basicamente, o método do valor informativo é uma função logarítmica da razão entre a probabilidade condicionada a uma variável (classes de variáveis), e a probabilidade *a priori* (razão entre a área dos deslizamentos inventariados e a área total) que é aleatória. A probabilidade condicionada depende da razão entre a área instabilizada dentro de uma classe e a área total dessa classe. Quando o resultado da razão entre as probabilidades for menor que 1, como é uma função logarítmica, o valor informativo será negativo. Conseqüentemente nesta classe, o fator contraria a ocorrência do Movimento de Vertente. Se o valor for positivo significa maior probabilidade de perigo. Este modelo tem um problema porque não é possível calcular o logaritmo de zero, nesses casos atribui-se o valor informativo mais baixo. A capacidade preditiva do modelo depende muito da qualidade do inventário.

A baixa percentagem de área com instabilidade possibilitou verificar que se tem um valor de probabilidade *à priori* baixo. Por esta razão teve-se maior dificuldade em encontrar os terrenos

seguramente instabilizados. O lado positivo do problema foi que procuramos as evidências com base na teoria, sendo esta a razão da escolha desse método (log. da razão entre a probabilidade condicionada pela probabilidade à priori) que indica as variáveis contrárias. Os resultados esperados são a existência de condições muito específicas e localizadas para a classe de perigo muito elevado.

A integração dos dados pelo método do Likelihood Ratio resulta igualmente em scores de instabilidade para cada uma das classes consideradas causas ou variáveis independentes que produzem o efeito, movimento ou variável dependente. Os scores resultam do ratio entre as percentagens de área instabilizada dentro da classe e da percentagem da área dessa classe com a área total. O numerador é obtido por tabulação, e contagem do número de pixels, no Arcgis, onde o score será tanto mais elevado quanto maior for a percentagem da área instabilizada, dentro de uma classe com uma percentagem da área total baixa. Obtidos todos os scores os mapas dos três parâmetros são somados no Arcgis (raster calculator), resultando em classes de susceptibilidade.

### **3.1 - ENQUADRAMENTO MORFOESTRUTURAL DA ÁREA DE ESTUDO**

A área de estudo integra-se no reverso estrutural de um relevo tipo costeira (cuesta), uma estrutura monoclinal cujas camadas têm uma inclinação entre 10° e 15° para SSE (fraco mergulho das camadas). Pertence à unidade morfoestrutural da Bacia Sedimentar Mesocenozóica conhecida por Orla Ocidental da bacia do Rio Tejo. Localiza-se a oeste de Vila Franca de Xira, no limite oeste da Freguesia de São João dos Montes, resultando a topografia da região de um levantamento tectónico moderado desde o mesozóico, e sendo o entalhe dos cursos de água responsável por algumas vertentes íngremes. Durante o quaternário desenvolveram-se na região da estremadura portuguesa relevos do tipo costeiras. A altitude média da área de estudo é de 276 m.

A estrutura geológica é o flanco sul do anticlinal, centrado na depressão da Arruda dos Vinhos, onde afloram as Margas da Abadia (Kimeridgiano inferior e médio). Na sua periferia afloram as unidades Jurássicas mais recentes, entre outras, Calcários do Amaral (Kimeridgiano superior) e Margas da Abadia do Kimeridjiano. Este relevo estrutural caracteriza-se pela alternância de rochas de diferentes durezas. Os calcários do Amaral destacam-se na paisagem formando cornijas. (O mapa 02 representa a geologia da área de estudo, margas e calcário e o mapa 03 o inventário dos movimentos de massa).

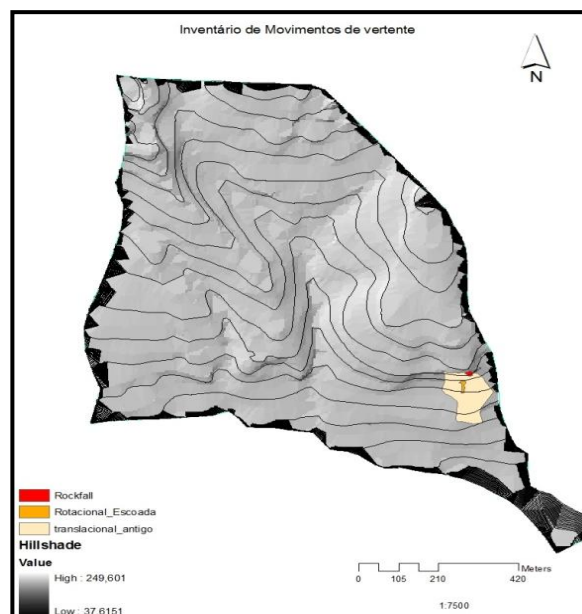
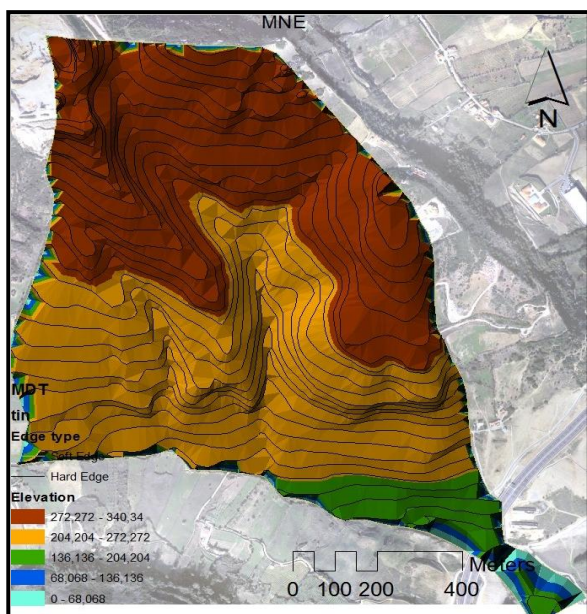


Figura 02 – Mapa da geologia da área de estudo (Margas e Calcários). Figura 03 – Inventário dos Desabamentos e Deslizamentos de Vertente.

Os deslizamentos são processos típicos na região onde está inserida a área de estudo, caracterizada por está numa vertente cataclinal, pois nela foram inventariados movimentos associados a uma concordância entre a superfície topográfica e a inclinação das camadas.

A rede hidrográfica é constituída pelos traços iniciais do Rio da Silveira, com uma área (bacia) de 26,5 KM<sup>2</sup>, classificação 30122 (afluente do Rio Tejo), com um comprimento de 6 km. O traço da ribeira, no vale ortogonal, apresenta-se declivoso e induz velocidades consideráveis, onde se cruza com a rodovia, devido à obstrução por acumulação de calhaus e árvores que caem no leito, sapamento das margens. Devido a força do caudal no período de grande vazão ocasionou o desmoronamento de duas casas junto ao clube local, que está em leito de cheia, no entanto, foram tomadas medidas corretivas. No vale cataclinal, a presença de edificações levou a canalização de um curso de água orientada por uma falha, potencializando a obstrução física ao livre escoamento.

Existe uma correlação forte entre as datas dos eventos e os anos de maior pluviosidade num contexto de grande variabilidade climática. Durante eventos de precipitação intensa e prolongada, a presença de água nos terrenos é um fator de diminuição da coesão dos materiais argilosos e faz aumentar a tensão tangencial, nesse caso se o fator de segurança for abaixo de “1” significa que o terreno, nessas condições, já erodiu e rompeu.

### 3.2 - TIPOLOGIAS DOS MOVIMENTOS DE VERTENTE

“Os movimentos de Vertente ou de Encosta (termo que na literatura inglesa é conhecido como Landslide) abrangem todos os processos de transporte nas vertentes que mobilizam em conjunto um volume mais ou menos importante de materiais” (CABRAL, 2001), diferenciam-se pelo tipo de mecanismo e geometria do plano de ruptura, onde os deslizamentos ocorrem por tangencial ou por tração. Os fatores discriminatórios secundários são a velocidade do movimento, o tipo de material deslocado e a sua deformação ou o volume. Segundo Guerra, “Os deslizamentos dependem de vários fatores, tais como: inclinação das vertentes, quantidade e frequência das precipitações, presença ou não da vegetação, consolidação do material, etc.” (GUERRA, 1978).

Nos desabamentos os movimentos tangenciais são nulos, com movimentos bruscos e velocidade elevada, sendo fáceis de detectar pela criação prévia de fendas, seja por ação mecânica das raízes, seja pela ausência de suporte basal, dando-se a ruptura por flexotração. A tração ou afastamento pode ocorrer em cunha ou ao longo de planos de estratificação (diáclases), onde o material que se desprende depende fortemente da inclinação ( $>40^\circ$  no caso da área estudada). Os desabamentos podem ser primários, ligados à rocha mãe, ou secundários, desligados da rocha mãe.

Quanto mais duras forem as rochas, mais resistem a declives acentuados; podendo ocorrer uma fragilidade do maciço devido à abertura de fendas e individualização de blocos. Nos abruptos rochosos ocorre a erosão diferencial sempre que se verifica diferença de dureza nas rochas mais resistentes do que nas mais brandas que ficam na base das cornijas, deixando-as salientes, dando-se a ruptura flexionada para diante e por tração separando-se da rocha mãe, desabando o material em queda livre. Os mecanismos desencadeantes são a conjugação da meteorização física, química e biológica.

O reconhecimento desses movimentos em campo é difícil devido a vegetação alta ou as práticas agrícolas, inibindo-os. Quando apresenta a geometria do plano de ruptura curva, em forma de colher, designa-se de Rotacional (Slumps), ocorre na presença de meios isotrópicos e o material antes de romper se indiferencia da direção das tensões, desloca-se como um todo. Conforme descreve Fernandes & Amaral.

Estes movimentos possuem uma superfície de ruptura curva, côncava para cima, ao longo da qual se dá um movimento rotacional da massa de solo. Dentre as condições que mais favorecem à geração desses movimentos destaca-se a existência de solos espessos e homogêneos, sendo comum em encostas compostas por material de alteração originado de rochas argilosas como argilitos e folhelhos [...]. (FERNANDES & AMARAL, 2006)



Por outro viés, João Cabral caracteriza um Deslizamento ou Escorregamento Rotacional, da seguinte forma:

Escorregamento em concha ou rotacional, consiste em escorregamentos frequentemente profundos, afectando essencialmente rochas do substrato, em que a superfície de ruptura apresenta um perfil curvo, côncavo. Este perfil imprime um movimento de rotação à massa deslizante basculando-a em sentido contrário ao da vertente. A superfície de cisalhamento localiza-se muitas vezes em formações argilosas ou margas saturadas de água, com pouca resistência ao cisalhamento, não correspondendo a qualquer superfície estrutural pré-existente. (CABRAL,2001)

Portanto, esse movimento de massa pode manter intactas às estruturas que estão por cima, dependendo da profundidade do plano de ruptura. Caracteriza-se pelo abate à montante, área de depleção, podendo gerar aclives, futuro aumento da instabilidade, e um levantamento a jusante, área de acumulação.

Com relação aos Deslizamentos Translacionais ocorrem ao longo de planos de ruptura tangencial, não envolve tração, visto que, as tensões concentram-se ao longo do plano de ruptura, o terreno cede e quando se instabiliza, desloca-se sempre em contato com a rocha mãe, nesse caso o que está por cima desloca-se por arrasto. A velocidade mantém-se desde que a base do deslizamento, parte que sai fora do plano de ruptura, não entre em escoada. Nesse caso a parte de cima e central desloca-se mais rapidamente, contrário dos desabamentos, parte do material afetado fica próximo do plano de ruptura.

Com relação a esse tipo de movimento é frequente nos casos em que a topografia acompanha o sentido de inclinação das camadas. Sendo caracterizado, ainda na perspectiva de Fernandes & Amaral, como:

A forma mais frequente entre todos os tipos de movimento de massa. Possuem superfícies de ruptura com forma planar a qual acompanha, de modo geral, discontinuidades mecânicas e/ou hidrológicas existentes no interior do material. Tais planos de fraqueza podem ser resultantes da atividade de processos geológicos (acamamentos, fraturas, entre outros), geomorfológicos (depósitos de encostas) ou pedológicos (contato entre horizontes, contato solumsaprolito). Os escorregamentos translacionais são, em geral, compridos e rasos, onde o plano de ruptura encontra-se na grande maioria das vezes, em profundidades que variam entre 0,5m e 5,0m. (FERNANDES & AMARAL, 2006)

#### 4 -TRABALHO DE CAMPO

A principal dificuldade para fechar o inventário no terreno ou na interpretação de fotografia aérea foi reconstituir os Movimentos de Vertentes antigos e determinar onde começa e onde termina os limites, verificando que é fator relevante a presença de caniços na área de depleção nos rotacionais e blocos de calcários na frente dos movimentos translacionais. Os deslizamentos translacionais com plano de ruptura planar têm maior probabilidade de ocorrerem nas vertentes expostas a sul em concordância com a inclinação das camadas, sendo controlados estruturalmente.

O Perfil longitudinal da vertente é côncavo a montante e convexo a jusante com orlas laterais a flanquear a área afetada, o plano de ruptura desenvolve-se ao longo de superfícies de fraqueza, marcadas por uma resistência ao corte, planos de estratificação, diáclases ou o contato entre uma cobertura detrítica e o substrato rochoso. A superfície de ruptura planar condiciona a deslocação do material instabilizado para além dos limites do plano de deslizamento em função do material afetado.

Os desabamentos ocorrem em estreita relação com os afloramentos de calcários Coralinos do Amaral (Kimeridgiano superior). As cornijas bem desenvolvidas servem como fonte de alimentação dos blocos, enquadrando-se as vertentes num relevo que é controlado pela estrutura, permitindo a existência de planos bem conservados a 300 metros de altura. A morfologia das vertentes é consequência regional da alteração do nível de base do Tejo em função da elevação tectônica que originou um encaixe da rede hidrográfica. A sua gênese está na erosão lateral onde ocorre transporte dos depósitos pela rede fluvial, alterando o perfil das vertentes e consequentemente aumentando a instabilidade. As figuras 04 e 05 mostram respectivamente os perfis longitudinais NO-SE dos movimentos translacionais e N-S dos Rotacionais e Escoadas.

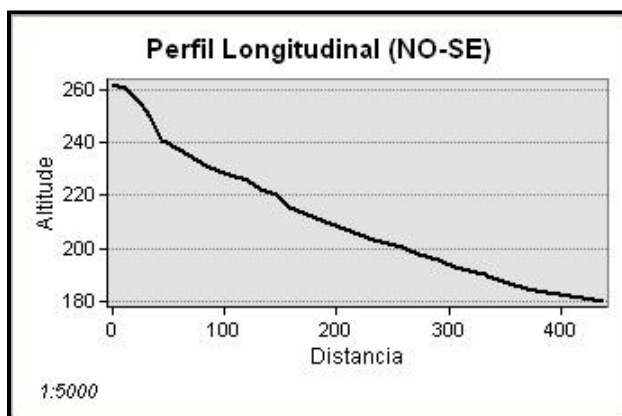


Figura 04 - Perfil da Vertente do Movimento Translacional Profundo

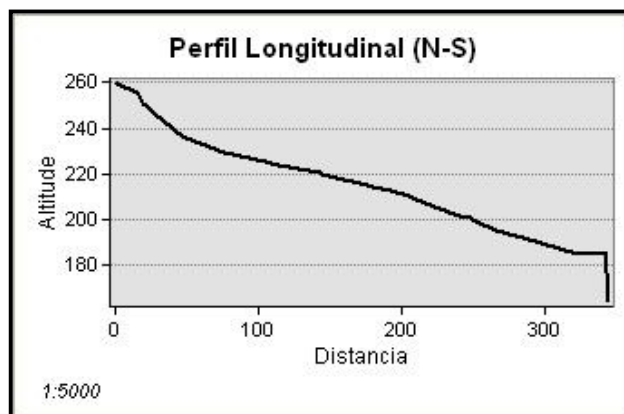


Figura 05 - Perfil da Vertente do Movimento Rotacional – Escoda (fluxo de detritos)

Para os atributos dos parâmetros dos declives e das exposições obtidas por tabulação no Arcgis, bem como para o Movimento Translacional de rocha antigo, a ponderação pela área da classe vai alterar o perfil da periculosidade. Este é maior nas vertentes expostas a SE, visto que tem uma área menor do que as expostas a sul.

As causas dos Movimentos de Vertente dependem muito das características da geologia, sequência de margas e calcários do jurássico superior. A exposição das vertentes a sul e sudeste, é um fator estrutural importante em deslizamentos translacionais, onde o limite de sustentação da cornija é mantido até que o centro de gravidade seja rompido, dependendo da inclinação da camada. A litologia divide-se em calcários do Amaral resistentes (65%), em altitude e margas da Abadia brandas (34%) nos fundos de vale, sendo os depósitos da vertente o material deslizado na base da cornija no rotacional.

O comportamento da rocha alterada, movimentada e posteriormente depositada é diferente da rocha mãe, apresentando fraca resistência dos terrenos se tornando uma constante na região. Os mesmos efeitos aparecem nas áreas vizinhas e é regra geral que ocorrem nos anos chuvosos, com precipitações abundantes e prolongadas originando os rotacionais, enquanto os translacionais superficiais são desencadeados por precipitações concentradas, no entanto, mesmo com esses eventos tem-se investido em novas construções nas áreas com menos probabilidade de ocorrência dos movimentos de massa. As Figuras 06 e 07 apresentam a visualização área da ocorrência dos desabamentos e deslizamentos rotacionais e translacionais.



Figura 06 - Vista dos Desabamentos nos Calcários do Amaral



Figura 07 – Área de ocorrência de Deslizamentos Rotacionais e Translacionais em Vertentes

## 5 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

Todos os movimentos se localizam na área de influência dos calcários do Amaral e das margas da Abadia. Quanto aos declives, estes variam, porque no inventário que serviu de base, a instabilidade ocorre na formação superficial constituída por depósitos de vertente, na área para onde caem os blocos provenientes da cornija, que por sua vez, estão na origem dos deslizamentos rotacionais devido à sobrecarga do material e a uma zona de transição da parte côncava para a parte retilínea da vertente cataclinal. Declives abaixo de 20 graus e acima de 40 graus na área de estudo contrariam o movimento, sendo a exposição do plano das camadas um fator importante, principalmente para os desabamentos devido à erosão diferencial no afloramento da cornija. Ao mesmo tempo em que as margas deslizam seguindo o plano de fragilidade da estratificação; para

sudeste, a topografia dentro do movimento translacional antigo é perceptível pelos scores dos declives. Estes vão diminuindo progressivamente de montante para jusante e apresenta declives entre 20° e 25°, originado pela frente do movimento. Para o conjunto dos movimentos de vertente há uma generalização das causas, pois as exposições sul e sudeste adquirem o mesmo valor, ou seja, a áreas de maior suscetibilidade estão na vertente cataclinal, visto que as classes de declives mais suscetíveis estão no intervalo entre os 20° e os 40 °, equivalente a formação superficial constituída pelos depósitos de vertente.

A finalidade dos mapas de suscetibilidade é a predição da periculosidade espacial dos Movimentos de Vertente. A porcentagem da área de estudo que oferece maior perigo de ser afetada por movimentos de vertente é uma pequena fatia, mas muitas das vezes torna-se importante quando cruzada com os elementos vulneráveis ou quando se pretende fazer estudos de planeamento para a localização de infra-estruturas.

[...] a perigosidade (UNRO 1979) é um elemento fundamental do modelo conceptual de risco, entendida como a probabilidade de ocorrência (avaliada qualitativa ou quantitativamente) de um fenómeno com uma determinada magnitude (a que está associado um potencial de destruição), num determinado período de tempo e numa dada área [...]. (ZÊZERE; GARCIA; OLIVEIRA, 2006 *apud* UNRO, 1979)

Estabeleceu-se como limite de periculosidade muito elevada o percentual 90 da série de Valor Informativo Final, resultado da soma dos Valores Informativos dos parâmetros analisados em que uma análise mais fina de cinco classes demonstra que na área de estudo as novas construções souberam aproveitar as áreas com melhores valências face aos Movimentos de Vertente.

Apenas foi inventariado um deslizamento rotacional suficiente para a elaboração do modelo, portanto para validar o modelo seria necessário pelo menos outro deslizamento rotacional. No trabalho de campo identificou-se indícios do desencadeamento de um deslizamento do mesmo tipo. Abaixo estão representados os mapas de Suscetibilidade dos Movimentos de Vertente: Figuras 08, 09, 10 e 11, representando, respectivamente, Mapa dos Deslizamentos Translacionais, Mapa dos Deslizamentos Ratacionais, Mapa dos Desabamentos e Mapa Final da Suscetibilidade dos diferentes tipos de Movimentos de Vertente (cruzamento dos três mapas anteriores).

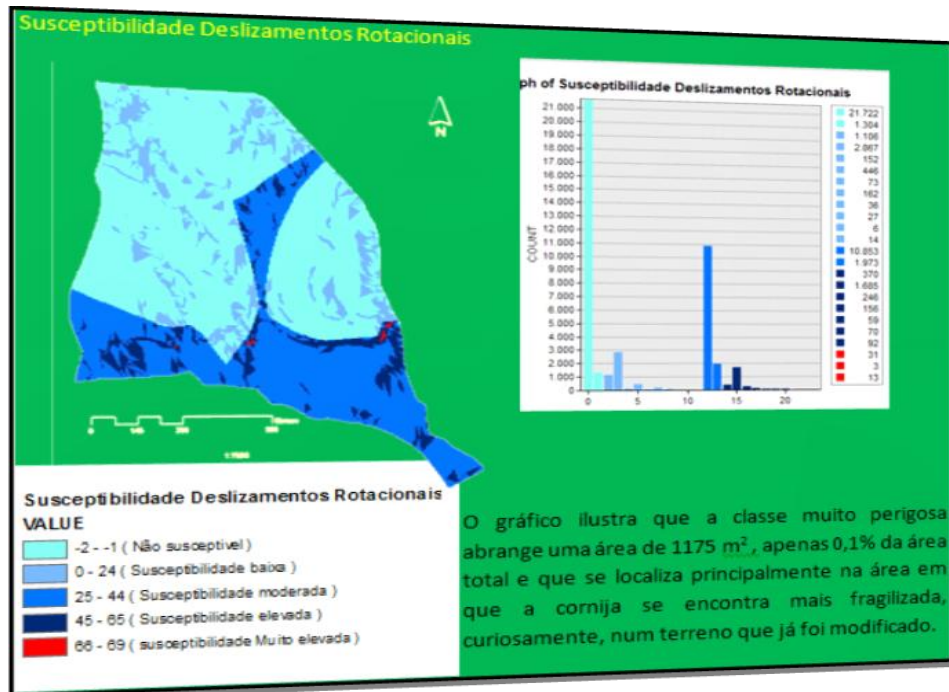


Figura 08 – Representação dos Deslizamentos Translacionais em Vertentes

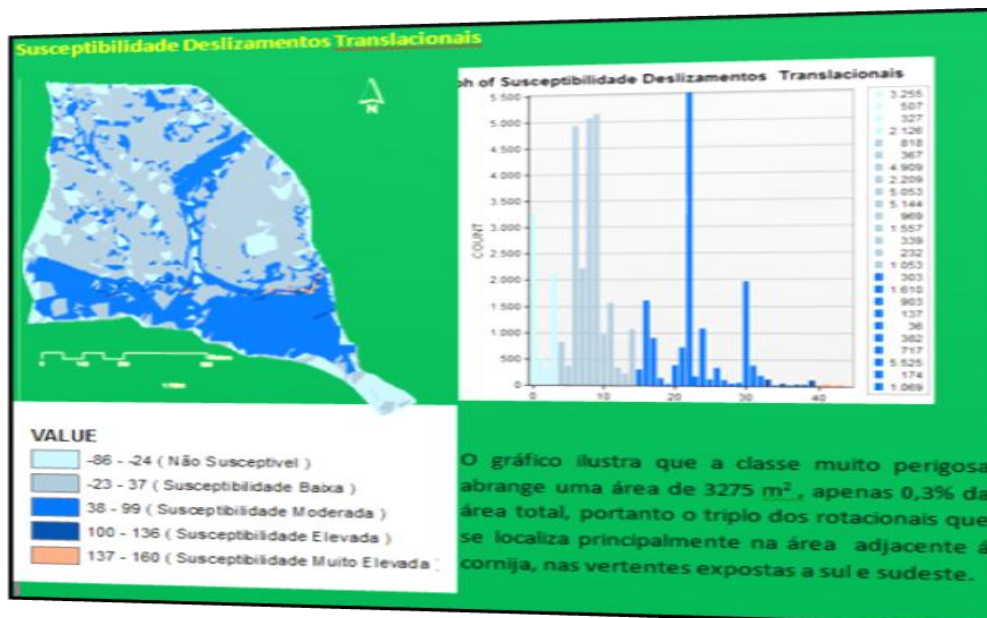


Figura 09 – Representação dos Deslizamentos Rotacionais em Vertentes



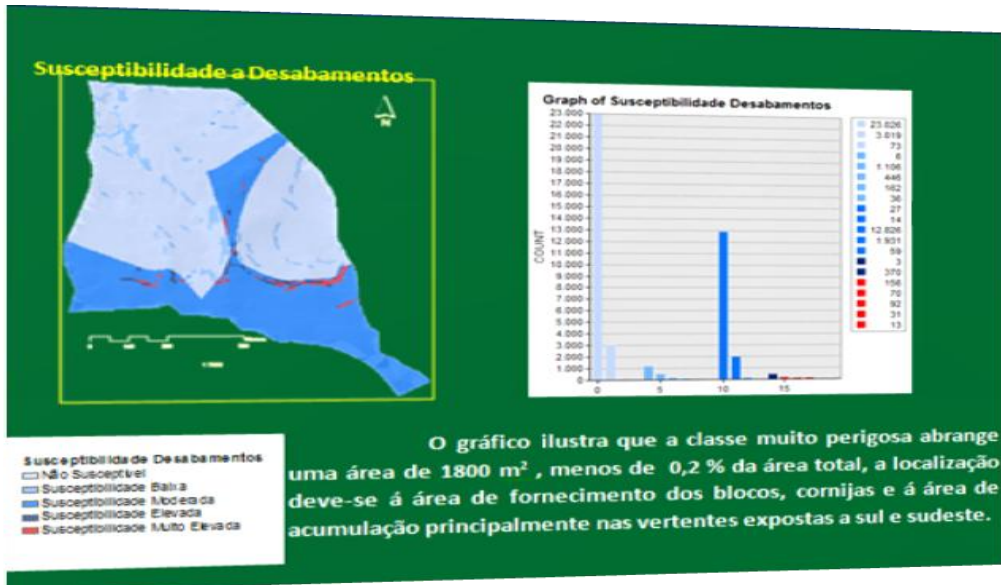


Figura 10 – Representação dos Desabamentos em Vertentes

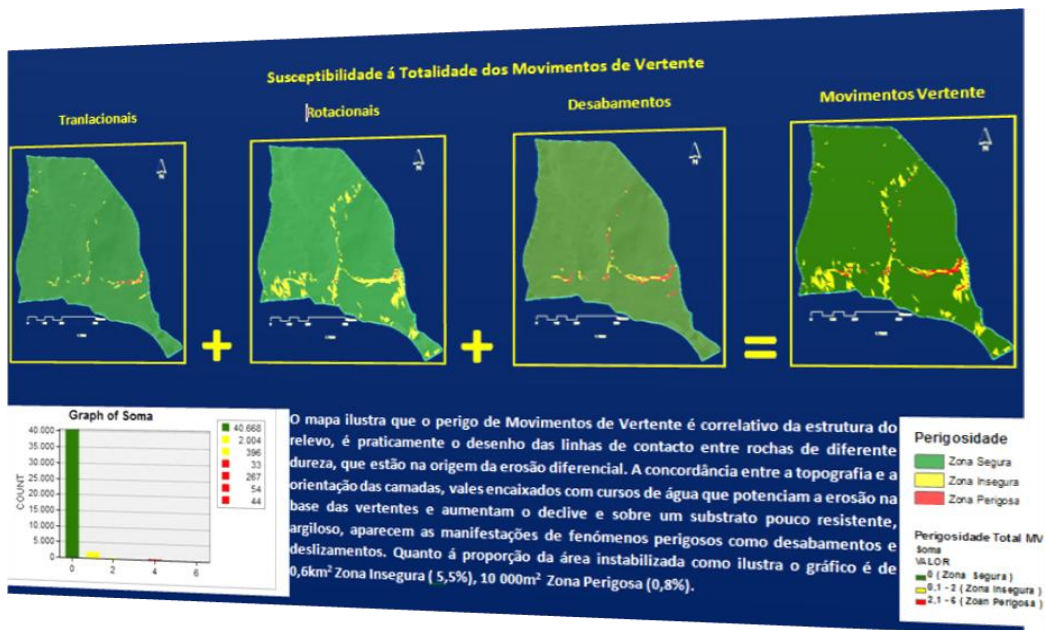


Figura 11 – Representação do cruzamentos dos mapas de Deslizamento Translacional, Ratacional e Desabamentos resultando nas áreas Susceptíveis a Movimentos de Vertente.

É extremamente importante salientar que a cartografia resultou da reclassificação das classes de suscetibilidade (para cada movimento) segundo o critério de ressaltar as classes de perigo elevado. Foi atribuído o valor de “0” para as três primeiras classes; de “1” para a de suscetibilidade elevada e de “2” para a de suscetibilidade muito elevada (percentual 90). Seguidamente foram somados no “raster calculator” e reclassificados de forma a enfatizar as áreas suscetíveis a ocorrência de mais de um tipo de movimento, relacionando-os aos fatores do lugar.

## **6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Contudo, abordamos nesse trabalho um levantamento de campo apoiado nos Sistemas de Informações Geográficas (utilizando o Arcgis), com o intuito de mapear e inventariar as áreas propícias a riscos de Deslizamentos e Dasabamento de Vertentes em Trancoso de Baixo, região Norte de Lisboa- Portugal. Esse estudo tem como meta prever a periculosidade na região, face à expansão urbana nas áreas antes consideradas rurais.

A aplicabilidade de estudos desta natureza é notório no impacto que a instabilidade nas vertentes tem sobre as estruturas, (vias de comunicação, habitações, eletricidade, valor da propriedade). É um dos principais fatores que leva a danos em maior proporção nas áreas habitadas é a falta de conscientização e informação mais relevante para a população, bem como maior empenho por parte das autarquias e gestões públicas ligadas à tomada de decisão.

Os mapas de susceptibilidade dos Movimentos de Vertente demonstram que as áreas mais perigosas se localizam próximo as linhas d’ água ou no topo das vertentes na área de transição entre as margas e os calcários. São condicionados por declives entre os 20° aos 40° numa formação superficial assentada nas camadas argilosas. Como foi referido ao longo do trabalho as deficientes características de resistência dos terrenos produziram-se ao longo do tempo, pela ação dos agentes da geodinâmica externa (meteorização), que modelaram os terrenos, com apoio da orientação das vertentes que é favorável aos movimentos, além disso os proprietários têm tendência a realizar terraplanagens, alterar linhas de água e a construir no topo das vertentes aumentando a sobrecarga nas cornijas consideradas, por eles como “seguras”.

O trabalho desenvolvido, vem demonstrar que os riscos geomorfológicos na área são iminentes, sendo que, a verificação da base física do território é uma das chaves no desenvolvimento de técnicas de prevenção dos riscos. Esses fenômenos são naturais, ocasionados pela constante dinâmico do relevo, e por ser processos perigosos é preciso tomar precauções.



## 7 - BIBLIOGRAFIA

- CABRAL, João. *“Elementos de Geomorfologia”*. Composição, impressão e edição: Associação dos Estudantes da Faculdade de Ciências de Lisboa. 2ª edição. Lisboa. 2001
  
- CARVALHO, A.M Galopim de. . *Geologia Sedimentar. Vol. I – Sedimentogênese*. Âncora Editora, Lisboa, 2008.
  
- FINISTERRA. *“Revista Portuguesa de Geografia”*. Vol. XXVI. Nº51. Centro de Estudos Geográficos. Lisboa. 1991.
  
- GUERRA, Antônís Teixeira. *Dicionário Geológico-geomorfológico*. Editora Bertrand Brasil. Rio de Janeiro, 1978.
  
- GUERRA, Antonio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da. (Organizadores). *Geomorfologia e Meio Ambiente – 6ª ed.* – Rio de Janeiro Bertrand Brasil, 2006. 372p.
  
- GUERRA, Antonio José Teixeira; MARÇAL, Mônica dos Santos. *Geomorfologia ambiental* – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006 192p.
  
- REIS, Eusébio. (2003). *“Integração de dados espaciais para avaliação da susceptibilidade à ocorrência de deslizamentos”*. Ed. Finisterra, XXXVIII, 76. Lisboa, p.03-34. 2003.
  
- ROSS, Jurandy Luciano Sanches. *Geomorfologia: ambiente e planejamento ed.,2ª reimpressão* . - São Paulo: Contexto, 2008.
  
- ZÊZERE, J.L.; GARCIA, R.A.C.; OLIVEIRA, S.C. *“Utilização de modelos espaciais para a avaliação e validação da susceptibilidade e perigosidade geomorfológica. Geomorfologia, Ciência e Sociedade”*. Ata do 2º Congresso Nacional de Geomorfologia. Publicações da Associação Portuguesa de Geomorfólogos. Coimbra, p.273-280. 2006.
  
- ZÊZERE, J.L. *“Avaliação Perigosidade Geomorfológica- Aplicação do Método do Valor Informativo Calhandriz”*. Caplivnac, 2001

- ZÊZERE, J.L. “*Dinâmica de Vertentes e Riscos Geomorfológicos – Programa. Centro de Estudos Geográficos, Área de Geografia Física e Ambiente*”. Relatório nº 41, Lisboa, pp.128. 2005.
  
- ZÊZERE, J.L. “*Distribuição e ritmo dos movimentos de vertente na Região a Norte de Lisboa. Centro de Estudos Geográficos, Área de Geografia Física e Ambiente*”. Relatório nº 38, Lisboa, pp. 167. 2001.
  
- ZÊZERE, J.L. “*Perigos Naturais, Tecnológicos e Ambientais na Região do Oeste e Vale do Tejo*”. Ed. Inforgeo, 22/23. Riscos e Ambiente, Associação Portuguesa de Geógrafos, pp.37-49.2008.
  
- ZÊZERE, J.L. “*Riscos e Ordenamento do Território*”. Ed. Inforgeo, 20/21, Ordenamento Territorial, Associação Portuguesa de Geógrafos, pp.59-63. 2007.